南沙群岛及其邻近海区海洋生物多样性研究

STUDIES ON MARINE BIODIVERSITY OF THE NANSHA ISLANDS AND NEIGHBOURING WATERS

I

中国科学院南沙综合科学考察队



海 洋 出 版 社

58.181
144

南沙群岛及其邻近海区海洋生物多样性研究

STUDIES ON MARINE BIODIVERSITY OF THE NANSHA ISLANDS AND NEIGHBOURING WATERS

I

中国科学院南沙综合科学考察队

海洋出版社
1994 · 北京

中国科学院植物研究所图书馆藏
27397
中科院植物所图书馆
S0015479

内 容 简 介

本集系通过"八五"对南沙群岛海区及其岛礁现场调查，经鉴定分析而提供的研究成果。阐明南沙群岛及其邻近海区岛礁和海区的海洋生物多样性。可作为今后对南沙群岛岛礁和海区海洋生物资源的保护和持续性开发利用以及基础研究的重要科学依据。

责任编辑　庄一纯

（京）新登字 087 号

南沙群岛及其邻近海区海洋生物多样性研究 I

中国科学院南沙综合科学考察队

*

海洋出版社出版（北京市复兴门外大街 1 号）

新华书店北京发行所发行　机械工业出版社印刷厂印刷

开本：787×1092　1/16　印张：6.5　字数：150 千字

1994 年 4 月第一版　1994 年 4 月第一次印刷

印数：1—1000

*

ISBN 7-5027-1967-9/ Q · 77　定价：8.00 元

前　言

南沙群岛位于南海南部，具有众多珊瑚岛礁，其广阔水域又是海洋生物多样性极高的区域。在“八五”期间，国家继续对南沙群岛及其邻近海区进行综合科学考察，在其内容中特辟出一个专题开展南沙群岛海区生物多样性的研究。其目的是借此推动全世界共同关注的生物多样性工作，能够通过国家或地区水平，对南沙群岛海区生物多样性的保护和持续性利用得到充分的重视，在加强积累现场丰富资料的基础上，继续深入地进行探索，取得更好的成果。

本集是由中国科学院南海海洋研究所、动物研究所、华南植物研究所、中山大学、厦门大学、北京自然博物馆和香港中文大学等单位科技人员互相配合、通力合作、共同努力而写成的。

愿借此机会，向参加“八五”南沙考察的科研人员和热心指导、支持这一事业发展的上级有关部门、领导、专家以及给予关怀帮助和付出辛勤劳动的人们表示敬意，并致以衷心的感谢！

中国科学院南沙综合科学考察队

“八五”国家专项负责人

陈清潮

1994.8.1

目录

南沙群岛环礁多样性的物理海洋环境特征……………………………………………… 傅子琅(1)

南沙群岛维管束植物多样性分析 ……………………………… 邢福武　吴德邻　李泽贤(12)

南沙群岛海区浮游原生动物的生态学研究Ⅰ:群落生物多样性……………………………………

……………………………………………………… 徐润林　白庆笙　吴灶和　江静波(21)

南沙群岛部分岛礁周丛原生动物多样性的初步分析 …………………… 徐润林　白庆笙(32)

不同基质对岛礁周丛原生动物生物多样性的影响 …………… 白庆笙　吴灶和　徐润林(38)

南沙群岛海区浮游动物多样性研究 ………………… 陈清潮　黄良民　尹健强　张谷贤(42)

南沙群岛环礁软体动物多样性研究及保护措施 ……………………………………… 陈锐球(51)

南沙群岛濒危动物——唐冠螺(*Cassia cornuta*)的保护对策 ……………………… 陈锐球(58)

南沙群岛北部珊瑚礁蟹类多样性的初步分析 ………………… 蔡奕雄　杨思谅　戴爱云(61)

南沙群岛北部珊瑚礁群落结构中种一多度的关系 ………………………………… 傅子琅(71)

南沙群岛一些珊瑚礁鱼类的观察 ……………………………………………………… 陈清潮(77)

NATURAL INGESTION RATES OF MARINE CALANOID COPEPODS IN WATERS AROUND THE NANSHA ISLANDS …………………… *Wong Chongkim et al*. (88)

Contents

CHARACTERISTICS OF THE VARIOUS PHYSICAL OCEANOGRAPHIC ENVIRONMENT IN THE ATOLL REEFS OF THE NANSHA ISLANDS ········ *Fu Zilang*(1)

ANALYSES ON THE BIODIVERSITY OF VASCULAR PLANTS FROM NANSHA ISLANDS ········ *Xing Fuwu et al.* (12)

STUDIES ON THE PROTOZOAN ECOLOGY IN WATERS AROUND NANSHA ISLANDS I: COMMUNITY DIVERSITY ········ *Xu Runlin et al.* (21)

A PRELIMINARY ANALYSIS OF PERIPHYTONIC PROTOZOAN COMMUNITY DIVERSITIES ON CORAL REEFS IN NANSHA ISLANDS ········ *Xu Runlin and Bai Qingsheng*(32)

INFLUENCES OF DIFFERENT SUBSTRACTS ON THE BIODIVERSITIES OF PERIPHYTONIC PROTOZOANS IN A REEF ········ *Bai Qingsheng et al.* (38)

STUDIES ON THE ZOOPLANKTONIC BIODIVERSITIES IN THE WATERS AROUND NANSHA ISLANDS ········ *Chen Qingchao et al.* (42)

A STUDY ON MOLLUSC DIVERSITY AND ITS PROTECTION NEAR THE ATOLLS OF NANSHA ISLANDS ········ *Chen Ruiqiu*(51)

THE COUNTERMEASURE FOR THE ENDANGERED *Cassia cornuta* (Linne) IN NANSHA ISLANDS ········ *Chen Ruiqiu*(58)

A PRELIMINARILY ANALYSES ON BIODIVERSITY OF THE CRABS ON CORAL REEFS IN NORTH AREA OF THE NANSHA ISLANDS ··· *Cai Yixiong et al.* (61)

RELATIONS OF SPECIES-ABUNDENCE AMONG THE COMMUNITY STRUCTURE OF THE CORAL REEFS OF NORTHERN NANSHA ISLANDS ········ *Fu Zilang*(71)

OBSERVATION OF FISHES IN SOME CORAL REEFS, NANSHA ISLANDS ········ *Chen Qingchao*(77)

NATURAL INGESTION RATES OF MARINE CALANOID COPEPODS IN WATERS AROUND THE NANSHA ISLANDS ········ *Wong Chongkim et al.* (88)

南沙群岛环礁多样性的物理海洋环境特征

傅子琅

(厦门大学海洋学系)

提　　要

本文根据中国科学院南沙综合科学考察队 1993、1994 年的两次岛礁考察资料，对环礁附近的气象状况、温、盐特征及其海洋动力要素进行分析，并根据环礁局部所处位置受到物理海洋要素作用的主次关系，将环礁分为 6 种小生境。

关键词：南沙群岛、环礁、物理海洋环境

每个物种都适应于一定特定的环境条件，随着这种趋势的增强，特种多样性也随之增加。本文主要根据中国科学院实验 3 号调查船于 1993 年 5 月在南沙群岛的永暑礁、渚碧礁 、南薰礁、安达礁、东门礁、三角礁、美济礁、仙娥礁等 8 个岛礁和 1994 年 3～4 月在渚碧礁、永暑礁、华阳礁、皇路礁、半月礁、信义礁、仁爱礁、五方礁、三角礁等 9 个岛礁(图 1)的有关调查资料，同时也引用南沙群岛的一些考察成果，对环礁物理海洋环境特征的多样性进行分析。

一、南沙群岛环礁附近的气象状况及海况

1. 1993 年 5 月南沙群岛环礁附近的气象状况及海况

表 1 为 1993 年 5 月南沙群岛环礁附近气象要素及海况观测结果，从表中可见：

1)各环礁附近的平均气温为 29.0～29.8℃，其中仙娥礁较高；平均海表温为 29.8～30.5℃，仙娥礁也较高。各环礁平均海表温高于平均气温，最大可高 1.1℃(渚碧礁和三角礁)。如果从整个考察期间看，环礁附近的平均海表温高出平均气温 0.9℃，这一结果要比 1986～1987 年同时期南沙考察所得的平均海气温差高出 0.3℃。这也许是由于观测站邻近环礁的缘故，也说明在环礁附近单位面积的海面要比远离环礁单位面积的海面向大气输送的热量多。

2)各环礁附近平均气压变化不明显，其平均气压为 1009.9Pa，较高与较低气压相差为 1.3Pa。从平均风速、风向看，除了 5 月 27 日在美济礁遇到风速为 8m/s 的 SE 向风以外，其余各环礁附近的平均风速均小于 5.5m/s，风向稳定，为 E 或 SE 向。

3)各环礁附近所观测到的海浪，主要为风浪，其次为混合浪。在美济礁遇较强风时，目测最大波高达 2m，平均波高达 1.7m，除此之外，各礁附近的波高均小于 0.7m，波向为 E 或 SE。

由以上可以看出：1993 年 5 月观测期间，各环礁附近的气象状况并无显著差异。这是由于该航次是处于东北季风基本结束。西南季风出现之前的过渡季节，南沙群岛是由稳定的副热带高压所控制。

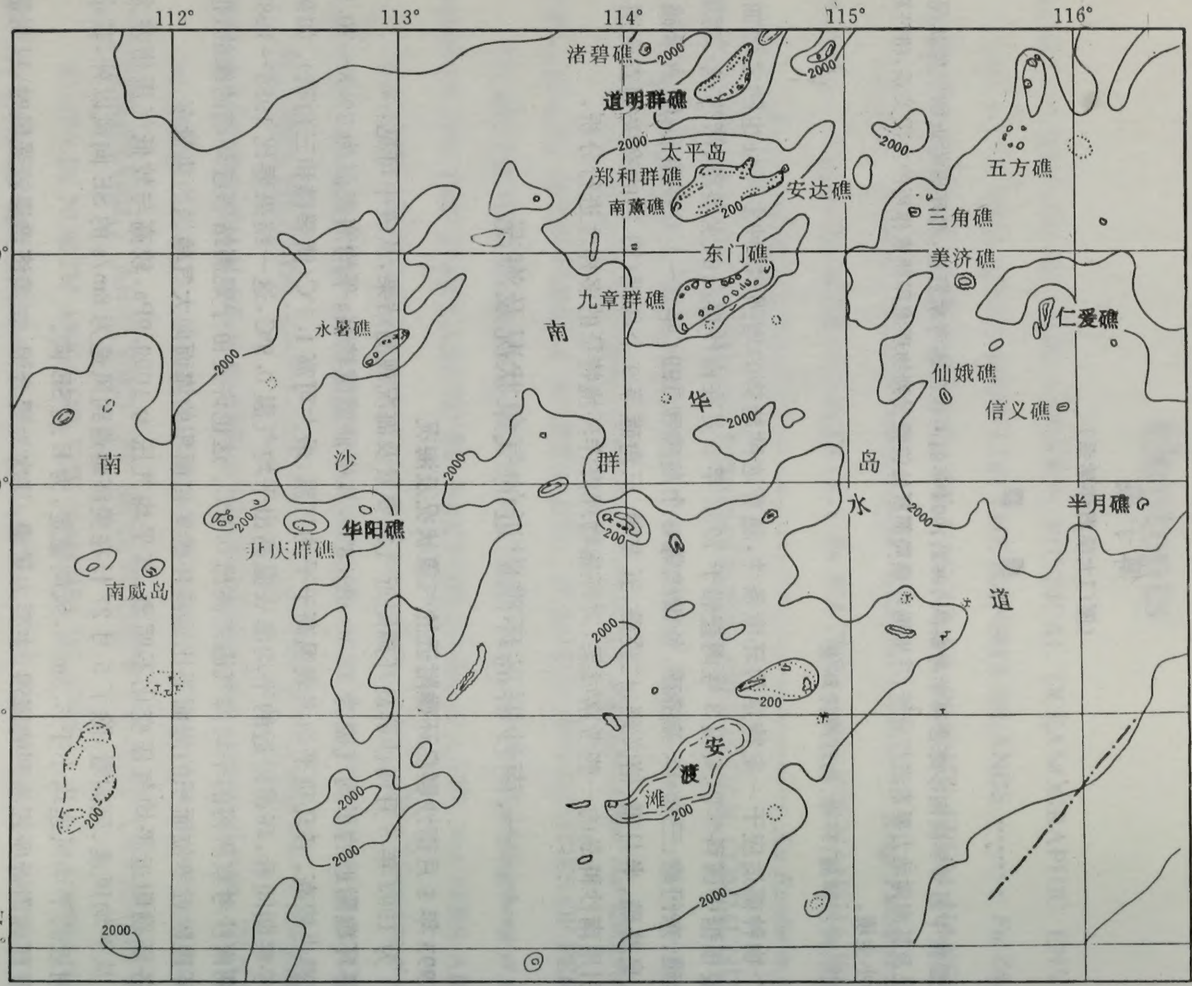


图1 1993～1994年考察环礁的位置

表 1　南沙群岛环礁附近气象要素及海况的观测结果(1993 年 5 月)

礁名	永暑礁	渚碧礁	南薰礁	东门礁	安达礁	三角礁	美济礁	仙娥礁
观测站位	9°31′50″N 112°52′15″E	10°54′43″N 114°03′16″E	10°11′00″N 114°14′33″E	9°54′18″N 114°29′00″E	礁东面	礁西面	礁西南面	礁西北面
观测日期	5.15～18	5.19～21	5.21～22	5.22～23	5.23～24	5.24～25	5.27～28	5.28
AT(℃)	29.0	29.0	29.2	29.3	29.2	29.0	29.4	29.8
SST(℃)	30.0	30.1	30.0	29.8	30.1	30.1	30.0	30.5
Ap (Pa)	1011.0	1011.3	1011.1	1011.5	1009.8	1009.7	1011.0	1009.0
平均风速(m/s)	4.4	3.7	5.4	5.1	3.9	4.6	4.1	3.5
平均风向(°)	101	103	76	83	105	143	133	104
平均浪高(m)	0.5	0.5	0.7	0.5	0.5	0.7	1.7	0.5
波向	E	E	E	E	E	E	SE	E
波型	F	F	U/F	U/F	U/F	F	U/F	F

以上资料由张庆荣、蔡亲炳提供

表 2　南沙群岛环礁附近气象要素及海况的观测结果(1994 年 3～4 月)

礁名	渚碧礁	永暑礁	华阳礁	皇路礁	半月礁	信义礁	仁爱礁	五方礁	三角礁
观测站位	10°54.4′N 114°03′E	9°29.5′N 113°59′E	礁北面	礁西南	礁东北	礁南面	礁西面	礁西面	礁西北面
观测日期	3.23	3.26	4.7	3.28	3.30	4.1	4.2	4.3	4.4
AT(℃)	28.1	28.8	28.5	29.1	29.2	28.7	28.7	29.0	28.8
SST(℃)	27.9	27.9	28.4	27.7	28.3	28.1	28.2	28.1	28.1
Ap (Pa)	1014.3	1015.2	1009.4	1014.4	1014.4	1013.4	1012.6	1012.7	1013.5
平均风力(级)	3	4	3	4	3	2	2	3	2
平均风向	NE	NE	SW	NE	NE	NE	NE	NE	NE
平均海况(级)	3	4	2	4	3	1	1	2	1
波向	NE	NE	SW	NE	NE	NE	NE	NE	NE

以上根据实验 3 号同期船舶气象资料

2. 1994 年 3～4 月南沙群岛环礁附近的气象状况及海况

表 2 为 1994 年 3～4 月南沙群岛环礁附近气象要素及海况的观测结果，从表中可以看出：

1)各环礁附近的平均气温为 28.1～29.2℃，其中皇路礁较高、渚碧礁较低，气温随着纬度减少而有增加的趋势。平均海表温为 27.7～28.4℃，各礁的平均气温高于平均海表温，其中皇路礁平均气温高于平均海表温 1.4℃，整个考察期间为大气向海洋输送热量。

2)各环礁附近的平均大气压为 1013.8Pa，除了华阳礁在考察时受到 9401 号台风影响外，其余各环礁的平均气压差为 2.6Pa。平均风力为 3 级，平均风向均为 NE。各环礁附近的海况大致为 3 级，波向为 NE。

从以上可以看出：1994 年 3～4 月南沙群岛仍在东北季风的控制之下，在这种天气形势下，各个环礁附近的气象状况也无显著差异。

比较表 1 和表 2 可以看出:在过渡季节和东北季风的作用下,南沙群岛环礁附近的气象要素和海况有着显著不同。由于南沙群岛是属于典型的热带和赤道带海洋季风区,因此,其环礁附近的气象要素和海况主要是受东北季风(11 月至翌年 4 月中旬)和西南季风(5 月下旬至 9 月)所控制。

二、南沙群岛环礁的温盐分布

1. 环礁内外的温度和盐度

表 3～4 分别为 1993 年 5 月和 1994 年 3～4 月南沙群岛环礁内外温度和盐度,在礁坪上的温盐测站一般与生物采样地点相对应。由于表 3 观测时风浪较小,因此,其礁坪外表层的温盐测站比表 4 更靠近礁坪。

由表 3 可见:泻湖表层的温度和盐度略高于环礁外表层的温度和盐度,温度相差 0.25℃,盐度相差 0.20;礁坪上的温度和盐度与水深有关,水深较浅的礁坪温度、盐度一般较高。从表中可知,礁坪温度明显比泻湖和礁坪外表层的温度高,最大可高出 1.8℃,而盐度的差别较小。

表 3　南沙群岛环礁内外的温度和盐度　(1993.5)

礁　名	泻湖表层		礁　坪		礁坪外表层	
	T(℃)	S	T(℃)	S	T(℃)	S
渚碧礁	30.49	34.25	30.68	34.27	30.42	34.21
永暑礁	29.92	34.15	30.59	34.20	30.60	34.11
南薰礁			32.56	34.37	30.78	34.17
东门礁			30.28	34.16	30.97	34.19
安达礁			30.63	34.24	30.05	34.17
三角礁	30.98	34.29	31.21	34.31	30.81	34.29
美济礁	30.45	34.23	30.52	34.31	30.35	34.23
仙娥礁	30.26	34.17	31.87	34.23	30.09	34.17

表 4　南沙群岛环礁内外的温度和盐度(1994.3～4)

礁　名	泻湖表层		礁　坪		礁坪外表层	
	T(℃)	S	T(℃)	S	T(℃)	S
渚碧礁	28.78	34.47	29.52	34.62	28.34	33.89
永暑礁	27.95	34.98	28.17	34.96	27.92	33.85
华阳礁			28.35	34.13	28.38	33.93
皇路礁	28.33	35.01	28.50	34.78	27.65	34.02
信义礁	28.22	34.86	28.31	34.84	28.06	34.39
仁爱礁	28.29	34.73	28.17	34.58	28.19	34.79
半月礁	28.48	34.85	28.32	34.82	28.30	34.39
五方礁	28.09	33.85	28.59	34.21	28.09	34.77

由表 4 可见：泻湖表层的温度和盐度高于环礁外，最高相差 0.68℃（皇路礁）；泻湖表层的盐度也比礁坪外高，最高为 0.99（皇路礁），这种差异与环礁的封闭程度和泻湖面积大小有关。如将礁坪上的温、盐度与泻湖里、礁坪外的温、盐度相比较，可发现礁坪上的温、盐度更接近礁坪外的温、盐度，这种现象与观测时的风浪作用有关。

比较表 3 和表 4 也可以看出：不同季风对南沙群岛环礁内外温度和盐度的不同作用。

2. 礁坪上的温、盐分布

南沙群岛环礁的礁坪较宽，有的宽达 1km，为了了解礁坪上的温、盐分布状况，现以南薰礁为例。图 2 为南薰礁 A、B 两个观测断面，该断面测站 1 离礁坪 15m，水深 4m 左右，礁坪上水深小于 0.5m。为便于比较，温、盐度均取离海面 0.4m 的观测值。从表 5a～b 可见：礁坪的温、盐度明显大于礁坪外的温、盐度，温度最大相差为 2.03℃，盐度相差 0.20。礁坪上的温度出现两个高值，一个在外礁坪，一个接近泻湖；而盐度在礁坪上略有变化。礁坪上温盐分布与礁坪的地形有关，接近泻湖一般较高。这是由于环礁外海水不能与礁坪内的海水进行充分的交换，另一方面是由于辐射和蒸发作用。

表 5a　A 断面的温盐分布

站位	1	2	3	4
T(℃)	30.35	32.43	32.25	32.41
S	34.17	34.23	34.35	34.20

表 5b　A 断面的温盐分布

站位	1	2	3	4	5
T(℃)	30.78	32.43	32.39	32.72	32.70
S	34.17	34.48	34.40	34.33	34.27

3. 泻湖的温、盐分布

根据环礁的封闭程度，将南沙群岛环礁分为两类，一类为封闭式泻湖，如渚碧礁、华阳礁、皇路礁、三角礁、信义礁等；另一类为半封闭泻湖，如永暑西南部环礁、东门礁、安达礁、半月礁、仁爱礁、仙娥礁等。现以渚碧礁为例进行分析。

渚碧礁呈椭圆形，西南一东北走向，长为 6.0km，宽为 3.2km，泻湖中有一半面积的水深超过 20m，图 3a 是渚碧礁表面水温的平面分布，从图中可看出，泻湖里有一低温水舌由西南向东北伸展，在泻湖的东部存在着一个水温小于 30.40℃ 的低温区，该低温区处于泻湖东部 20m 等深线的区域中。图 3b 的渚碧礁表层盐度的平面分布，从图中可以看出：泻湖里有一高盐水舌由西南向东北伸展，而且泻湖里也存在一个盐度大于 34.25 的高盐区，该区同样处在东部 20m 等深线内。水温和盐度的平面分布趋势基本上与该泻湖退潮的潮流方向一致。

4. 南沙群岛环礁温、盐的垂直分布

图 4a 是渚碧礁泻湖中温、盐的垂直分布，观测时间为 1993 年 5 月 20 日，观测位置的水深为 23m。从图中可以看出：水温随水深增加逐渐降低，表、底层温差达 0.83℃，在 0～10m 层，水温随水深增加变化较快，温差 0.62℃；而在 10～23m 层之间，水温随深度变化较慢，温差为 0.21℃。盐度随水深变化较小，基本上可以认为是均匀分布的。

图 4b 是仁爱礁温盐的垂直分布，观测点的水深为 25m，观测时间为 1994 年 4 月 2 日。从图中可以看出：无论是水温还是盐度的垂直变化都比较小。比较图 4a～b 可见东北季风对泻湖有一定的作用。

三、南沙群岛环礁的水动力环境特征

1. 环礁的潮汐

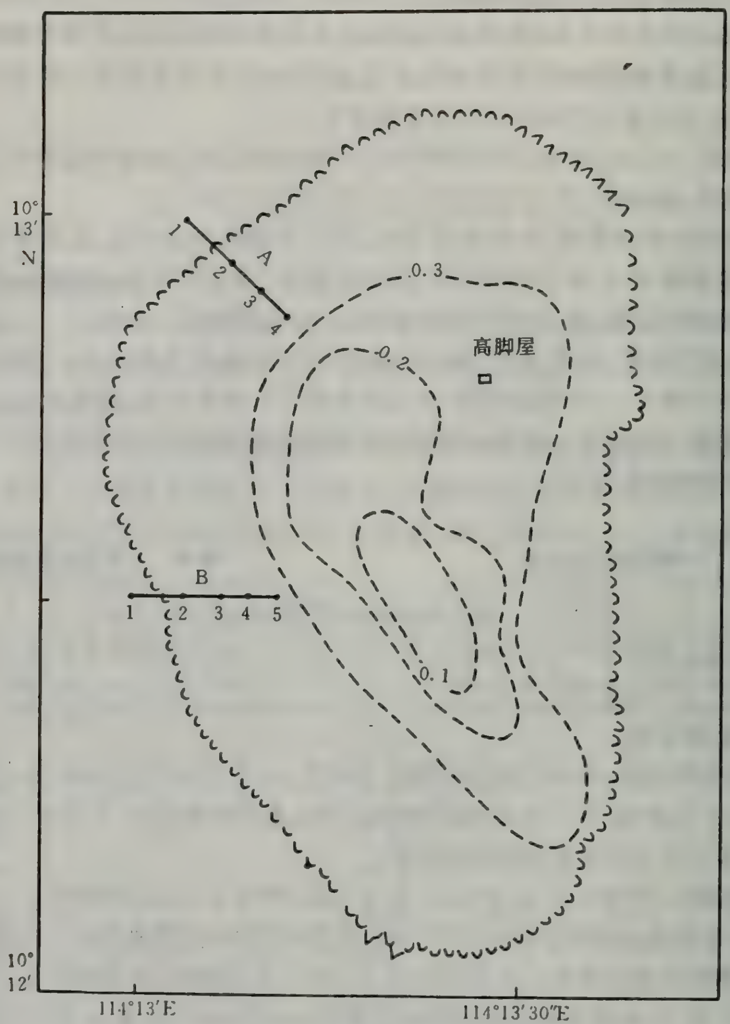


图 2　南薰礁的温、盐断面

南沙群岛海域的潮汐性质属于不正规的全日潮，潮差小，一般为 0.5～1.5m。美济礁半个月的验潮资料表明：平均潮差为 1.4m，最大潮差为 2.32m；永暑礁也有潮汐观测，从调查中了解到：平均潮差为 1.1m，最大潮差为 1.8m。由以上可见，南沙群岛中一些岛礁 的潮差比预料的大。

2. 环礁的潮流

南沙群岛海域的潮流流速一般小于 1kn，由于地形的影响，环礁周围的潮流比南沙群岛海域的潮流大得多。例如：在南薰礁外缘的两个测站（离礁坪 15m，水深 4m）分别测得表层流速 1.6kn 和 1.8kn；在东门礁外缘（离礁坪 10m，水深 3m），测得表层流速 2.0kn。在观测时，环礁附近海域的波高小于 0.5m，礁坪基本裸露，所测到的流主要是沿着环礁流动的潮流。除环礁水道外，泻湖里的潮流流速一般在 1kn 以下。

3. 环礁的波浪

南沙群岛环礁的水平尺度一般比较小，风浪在泻湖中难以充分成长。环礁的波浪 主要来

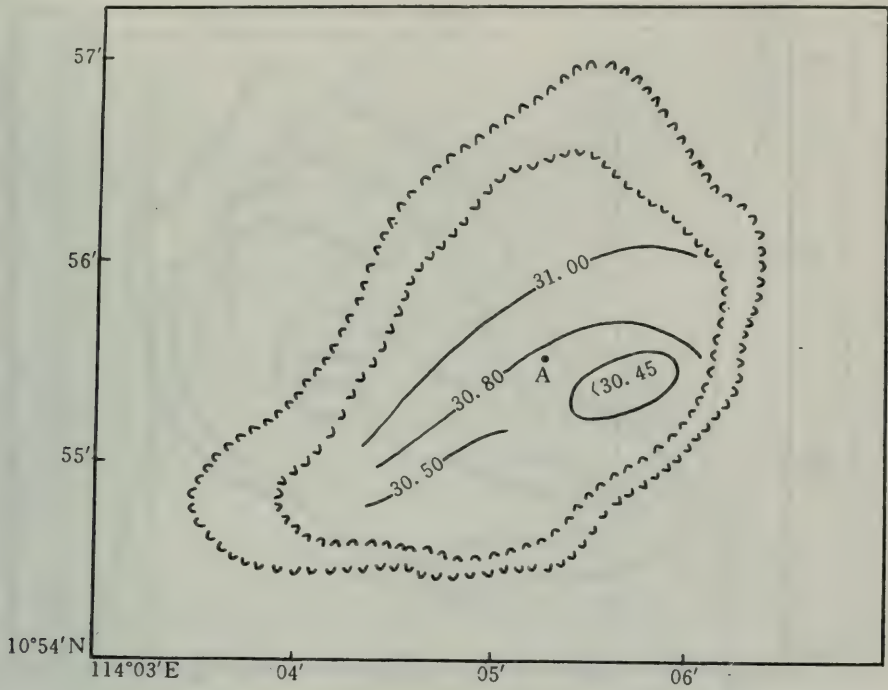


图 3a 渚碧礁表面水温分布(T ℃)

自外海域。南沙群岛海域的波浪以风浪为主，由于季风的影响，冬半年以东北浪为主，夏半年以西南浪为主。夏季的实测有效波高一般在 3.4m 以下，如遇 8 级大风，有效波高可超过 6m。尽管两次的岛礁考察都是在 2～4 级风、波高 0.5～2.5m 的海况下进行，但是，仍然可以观测到海浪对环礁作用的三种情况：

1)1993 年 5 月在南薰礁和东门礁考察时，适逢低潮，外海波高小于 0.5m，观测到海浪沿着外礁缘一上一下滑动，波峰有的破碎，有的不破碎，这是一种被称为激散的碎浪。

2)在永暑礁、三角礁和渚碧礁考察时，经常可以观测到沿着泻湖有一条白浪。当外海波高 0.5～1.0m 的波浪传到礁坪时波峰向前翻卷，波形完全被破坏，是一种被称为卷跃的碎波。卷跃碎波的形成除了取决于外海的波高、周期和波长外，还与礁坪的水深和向海坡的坡陡有关。

3)1993 年 5 月在美济礁考察时，遇到了平均风速为 8m/s 的风，海面波高 1.8m，1994 年 3～4月在 3～4 级海况下考南沙群岛环礁，外海波浪在接近礁坪时，波峰破碎并以飞溅泡沫水线向环礁运动，当它到达礁坪时，由于地形急速变浅，波浪崩顶破碎更加显著，整个礁坪迎浪一侧均呈乳白色。

4. 环礁的波浪流

为了了解波浪流的一般情况，曾在环礁向海坡、礁坪和泻湖边进行了一些观测。

(1)礁坪的波浪流　波浪传入环礁，在迎浪一侧整个礁坪外缘波浪破碎，形成波浪流流过礁坪，这种波浪流在一般波高的情况下可达到相当大。1993 年 5 月在永暑礁西南环礁的礁坪上设置 5 个测站进行波浪流观测。观测时间在落潮的半潮面以后，当时的外海波高 0.5～1.0m，礁坪外缘的水深一般只有 0.4m，礁坪宽 50m 左右，波浪破碎后通过礁坪流向泻湖。图 5 是观测得到的波浪流流速和流向，其中 A 站的流速为 1.2kn，B～E 各站的流速均为 2.0kn

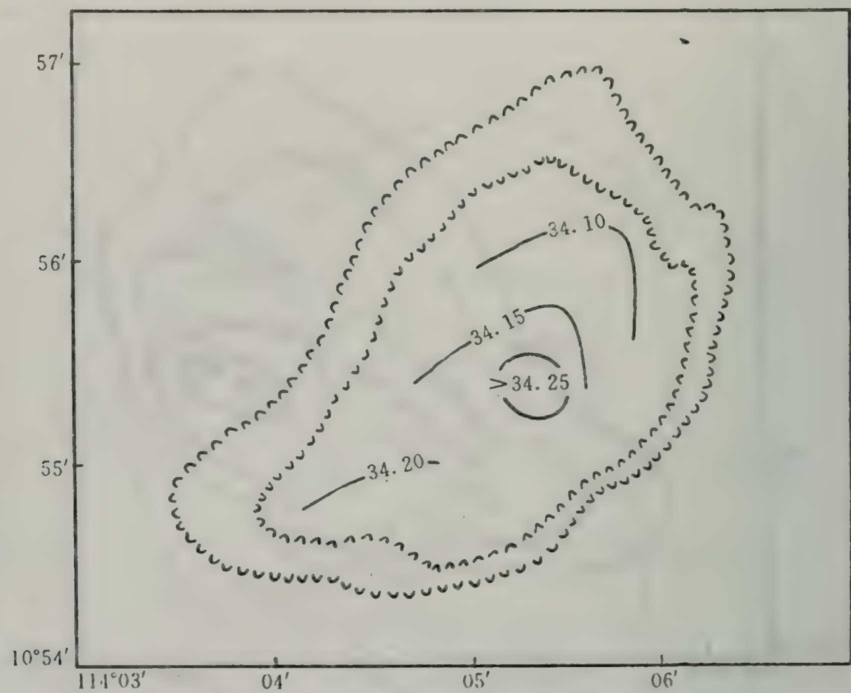


图 3b　渚碧礁表面盐度分布(*S*)

(2)礁坪横断面上的波浪流　波浪流通过礁坪时，流速变化很大，一般来说离破碎带越近波浪流越大，反之就越小。1993 年 5 月在渚碧礁西南礁坪上也进行了横断面上波浪流的观测。图 6 中的 A 站是波浪破碎前的测站(测站离礁坪 10m，水深 3m)，可测得该站的表层流为 0.5kn；B～D 站分别离破碎区 8m、25m 和 15m，测得的波浪流分别为 4.4kn、2.0kn 和 1.2kn。由此可见，波浪流在礁坪上的流动速度相差很大。

四、南沙群岛环礁多样性的物理海洋环境

综上所述，南沙群岛环礁是在相对均一的大气环境作用下，所以各个环礁的物理海洋状况也相对比较均一，但是，从各个环礁的当地条件看，由于各环礁受到波浪、潮汐、海流和温、盐等因素的作用有主次之分，就形成了受物理海洋要素控制的不同的小生境，增加了生物的多样性。

1. 潮汐作用的环境

低潮时，礁坪特别是礁坪的外缘露出。例如：南薰礁、东门礁、皇路礁、仁义礁等。由于南沙群岛环礁属于不正规全日潮，平均潮差小，礁坪外缘水深浅，因此一次性露出的时间长。礁坪水温高达 32°C，盐度在 35 以上。波浪也经常在礁坪外缘破碎，在这里生长的生物种群相对是一些耐高温、高盐而且抗浪强的物种。例如：海藻类有钙藻、喇叭藻、辐毛藻、蕨藻等；珊瑚类有滨珊瑚、蜂巢珊瑚、鹿角珊瑚等。鱼类主要是礁栖性的鱼以及一些穴居的蟹和虾等。

2. 潮汐和波浪流相结合的环境

低潮时，甚至在最低低潮时，礁坪不裸露。例如：渚碧礁、三角礁、仁爱礁和半月礁等大部分

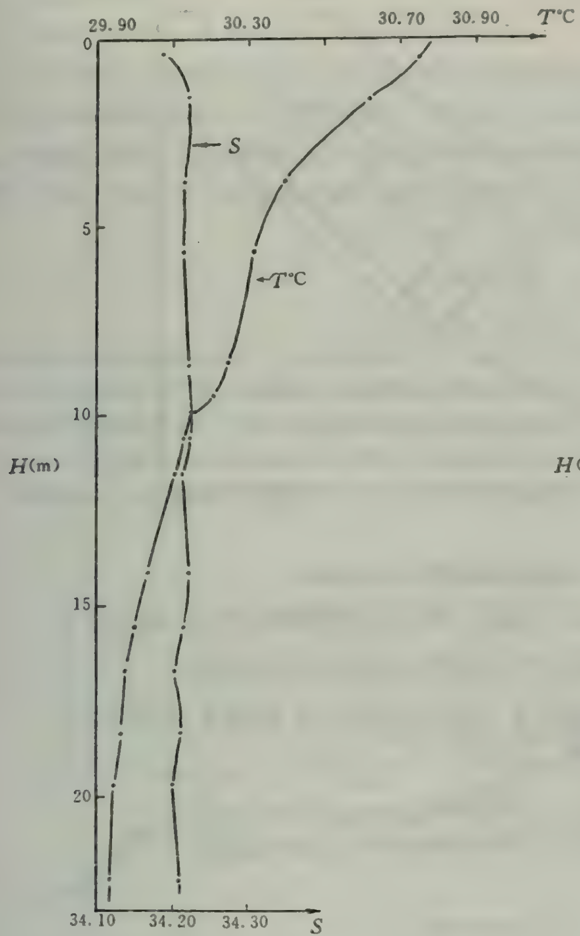


图 4a 渚碧礁温、盐垂直分布

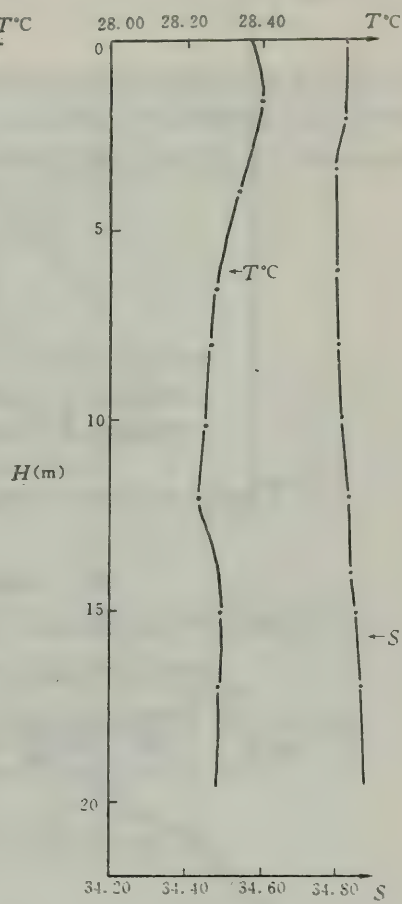


图 4b 仁爱礁温、盐垂直分布

的礁坪。落潮时，礁坪变浅，温度、盐度相应增大。当 2～3 级的波浪传到礁坪时，波浪破碎产生波浪流，冲刷礁坪，形成礁塘。波浪流受礁坪底部摩擦的阻挡，流速沿着礁坪面迅速减弱。这时的礁坪主要是受潮汐和波浪流作用的环境，是众多海洋物种的居住地。常见的藻类除礁外缘的藻类外，还有网球藻、钙扇藻、蠕藻和瘤枝藻等；珊瑚类有：苍珊瑚、杯形珊瑚、匍匐鹿角珊瑚和石芝等，蟹类主要属扇蟹科、蜘蛛蟹科和梭子蟹科居多；贝类有货贝、眼球贝、虎斑贝、蜘蛛螺、马蹄螺和砗磲；鱼类以珊瑚礁鱼类为主。

3. 波浪流作用的环境

在南沙群岛环礁大多数的泻湖坡或靠近泻湖的礁坪，水温和盐度比外海略有增加，由于礁坪的阻挡，波浪的影响大为削弱，波浪流由此流入泻湖，这里起主要作用的是波浪流，是属于低能带高营养区，礁坪上的多数礁塘也属于此类环境。波浪流作用的环境是适合于众多生物种群的理想居住地。除大多数在礁坪生长的藻类、贝类、蟹类和虾类外，常见的珊瑚类有排孔珊瑚、多种鹿角珊瑚、柳珊瑚、软珊瑚以及海绵、海葵等；常见鱼类有体态鲜美的蝴蝶鱼科和鲶科等鱼类。

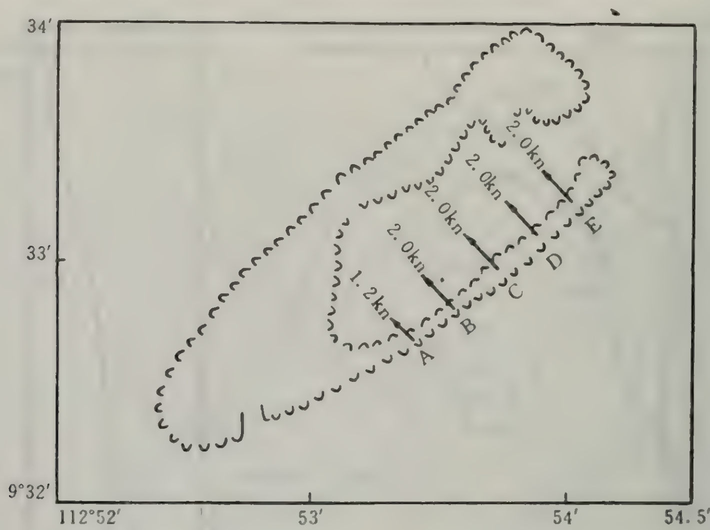


图 5　永暑礁西南礁坪上的波浪流

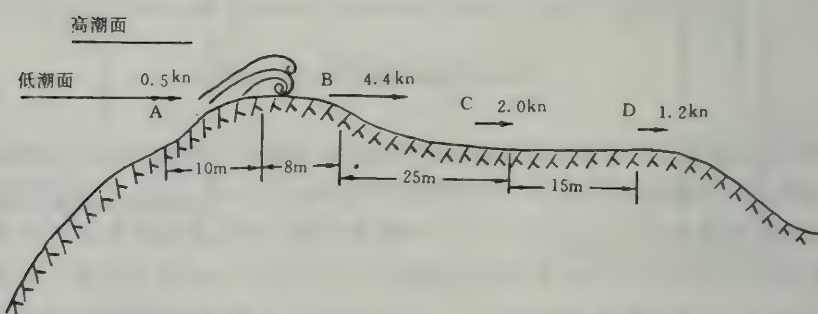


图 6　渚碧礁西南站礁坪横断面上的波浪流

4. 温、盐作用的环境

环礁中面积较大的泻湖，例如：渚碧礁、仙娥礁、美济礁、半月礁、仁爱礁等，泻湖区的水深一般在 20～30m，有的可达 50～60m，温、盐随季节变化，一般地说盐度的垂直分布较均匀，水温在 10m 层以下也趋于均匀。温、盐作用的环境适合于浮游生物的生长。

5. 波浪和潮流作用的环境

环礁向海坡所伸展的斜坡面，坡陡 1：10 或 1：1，如渚碧礁西南部、东门礁、华阳礁北部等。其主要动力因素是波浪和潮流，这里冲蚀作用很强，潮沟充分发育，潮流主要沿着潮沟流入泻湖，外海的海浪传入环礁，首先受斜坡底面的摩擦作用，产生破碎浪。在这种环境中常见的珊瑚以抗浪性的块状珊瑚为主，还可见有多种珊瑚鱼类、鲀科和叉尾鲷科鱼类。

6. 潮流作用的环境

礁坪向海坡的坡面呈峭壁状，如仙娥礁、仁爱礁等，主要动力因素是潮流。潮流沿着环礁流动，是高营养区。由于波高随着水深呈指数衰减，对于一般波浪，在 10m 层以下就大大减弱。如波高 8m，在海面下 20m 处波高就小于 0.8m。在这种环境中，潮流对环礁向海坡有着重要的作

用。这里生长的珊瑚，除了块状珊瑚外，还有疣状杯形珊瑚和鹿角杯形珊瑚，活珊瑚的覆盖度可达90%，甚至100%。鱼类主要以游动性鱼类为主。

以上所述的6种物理海洋环境在南沙群岛环礁中具有成带分布特点，这也许是海洋生物在环礁中具有成带分布的一个重要原因。应该指出：这6种动力作用的环境，对于不同的环礁和每一环礁的局部位置，不同的盛行季风有着不同的作用范围，这样就组成了多样性的物理海洋环境，它能为多样性生物提供相适应的生活条件。

参考文献

中国科学院生物多样性委员会，1992。生物多样性译从(一)，197～236。中国科学技术出版社。

赵焕庭，1992。南沙群岛的气候。南沙群岛永暑礁第四纪珊瑚礁地质，24～28。海洋出版社。

赵焕庭，1992。南沙群岛的水文。南沙群岛永暑礁第四纪珊瑚礁地质，29～32。海洋出版社。

高洪文，1994。生态交错带(Ecotone)理论研究进展。生态学杂志，13(1)：32～38。

王如松、马世骏，1985。边缘效应及其在经济生态学中的应用。生态学杂志，(2)：38～42。

CHARACTERISTICS OF THE VARIOUS PHYSICAL OCEANOGRAPHIC ENVIRONMENT IN THE ATOLL REEFS OF THE NANSHA ISLANDS

Fu Zilang

(*Department of Oceanography*, *Xiamen Universi*

ABSTRACT

Based on some measured data of the two cruises to the Nansha Islands by The Multidisciplinary Oceanographic Expedition Team of the Chinese Academy of Sciences in 1993 and 1994, the meteorological factors, temperature, salinity and some other marine dynamic factors in the atoll reefs of the Nansha Islands are analyzed in this paper. Furthermore, the atoll reefs can be classified as 6 according to the different influences of the physical oceanographic factors.

Key words: Nansha Islands, Atoll reef, Physical oceanographic environment

南沙群岛维管束植物多样性分析

邢福武 吴德邻 李泽贤
（中国科学院华南植物研究所）

提 要

本文通过实地考察，并广泛收集前人的研究资料，论述了南沙群岛维管束植物多样性的现状及其形成过程，并对植被的演替作了初步分析，阐明了南沙群岛与西沙群岛植物的联系与差异，最后对物种多样性的保护与利用提出了建议。

关键词：南沙群岛、维管束植物、多样性

近年来，中国科学院南沙综合科学考察队对南沙群岛海区的海洋生物作了大量的调查研究工作，发表了大量的论文及专著，但对陆上维管束植物却未见有系统的报道。本文通过对赵焕庭教授采自永暑礁人工岛及中国科学院海洋研究所王永强采自南沙群岛海区的少数水生单子叶植物标本的鉴定，并广泛收集前人的研究资料，试图对该区维管束植物多样性作一初步分析，为南沙群岛的综合开发及生物多样性的研究提供基本资料。

一、与物种多样性相关的自然条件

南沙群岛位于北纬 12°至不足 4°的南海南部，由 200 多个岛屿、沙洲、暗滩、暗礁及暗沙组成。其中高潮时仍露出水面且有植物生长的岛屿及沙洲主要有太平岛、北子岛、南子岛、中业岛、鸿庥岛、马欢岛、南威岛、景宏岛、南钥岛、敦谦沙洲、安波沙洲、染青沙洲和永暑礁人工岛。几无植物生长的岛屿及沙洲有费信岛、杨信沙洲、双黄沙洲、北外沙洲及双担沙洲。岛屿及沙洲的总面积约 1.6578km^2，最高的岛屿鸿庥岛海拔为 6m，最低的岛屿费信岛海拔仅 1.8m，最大的岛屿太平岛的面积为 0.43km^2。各岛屿的形状多为圆形或椭圆形。地势多为边缘高，中央低。本区的岛屿及沙洲都是全新世海面上升后堆积而成的，至多只有 7000 年的历史。成土母质主要是由珊瑚、介壳碎屑砂和鸟粪磷矿形成的以钙磷为主的磷质石灰土，pH8.0。

根据有关气象资料记载，太平岛年平均气温 27.9℃，最冷月（1 月）平均气温 26.8℃，最热月（5 月）平均气温 29.0℃。年降雨量达 1842mm。年平均相对湿度为 84%。每年 1～5 月为干季。6～12 月为雨季。季风海流对岛屿植物的分布影响很大，夏季的海流自爪哇海流入南海，经南沙群岛西部，最后穿过巴士海峡和台湾海峡。冬季的海流自东海和西太平洋流入南海，从台湾海峡和巴士海峡向西南流经越南东侧和南沙群岛西侧，最后流入爪哇海。这两种流向基本相反的季风海流能把具有漂浮能力的滩涂植物的繁殖体带到南沙群岛。

由于土壤条件的局限性，加之成陆较晚，海拔低，面积小，因此南沙群岛各岛屿的植被组成十分简单，缺乏特有种，原始的被子植物及裸子植物也没有出现。

二、物种多样性的编目统计

据目前初步掌握的资料统计，南沙群岛的维管束植物共有 40 科，70 属，78 种，其中栽培植物 28 种。各科植物的种类组成及其分布如下：

Blechnaceae　乌毛蕨科

乌　毛　蕨　*Blechnum orientale* L. 1

Cycadaceae　苏铁科

苏　　　铁　* *Cycas revoluta* Thunb. 2

Araucariceae　南洋杉科

南　洋　杉　* *Araucaria cunninghamii* Sweet. 2

Lauraceae　樟科

无　根　藤　*Cassytha filiformis* Linn. 4

Hernandiaceae　莲叶桐科

莲　叶　桐　*Hernandia sonora* L. 5

Capparidaceae　白花菜科

广州槌果藤　*Capparis cantoniensis* Lour.（*C. pumila* Champ. ex Benth.）1

Cruciferae　十字花科

白　　　菜　* *Brassica pekinensis* (Lour.) Rupr. 2
小　白　菜　* *B. chinensis* L. 1,2

Molluginaceae　粟米草科

簇花粟米草　*Mollugo oppositifolia* Linn. 2

Aizoaceae　番杏科

假　海　齿　*Trianghema portulacastrum* Linn. 2

Portulacaceae　马齿苋科

松叶牡丹　* *Portulaca grandiflora* Hook. 2
马　齿　苋　*P. oleracea* L. 2

Amaranthaceae　苋科

苋　　　菜　* *Amaranthus tricolor* Linn. 6

Zygophyllaceae 蒺藜科

大花蒺藜 *Tribulus cistoides* Linn. 1
蒺　　藜 *T. terrestris* Linn. 1

Nyctaginaceae 紫茉莉科

宝　　巾 * *Bougainvillea glabra* Choisy 2
白避霜花 *Pisonia grandis* R. Br. 1,6

Cucurbitaceae 葫芦科

节　　瓜 * *Benincase hispida* (Thunb.) Cogn. var. *chieh-qua* How 2
黄　　瓜 * *Coccinia sativus* Linn. 2
南　　瓜 * *Cucurbita moschata* Duch. 2
苦　　瓜 * *Momordica charantia* Linn. 2

Caricaceae 番木瓜科

番木瓜 * *Carica papaya* Linn. 1,6

Cactaceae 仙人掌科

仙人掌 * *Opuntia dillenii* (Ker-Gawl.) Haw. 2

Combretaceae 使君子科

榄仁树 *Terminalia catappa* Linn. 1,2,5

Guttiferae 藤黄科

海棠果 *Calophyllum inophyllum* Linn. 1,2

Tiliaceae 椴树科

甜　　麻 *Corchorus aestuans* Linn. 2
葡匐刺蒴麻 *Triumfetta repens* (Blume) Merr. 1,4 (*T. radicas* Bojer)

Euphorbiaceae 大戟科

海滨大戟 *Euphorbia atoto* Forst. f. 1
飞扬草 *E. hirta* L. 2
肾腺大戟 *E. reniformis* Bl. 2
麻疯树 *Jatropha curcas* Linn. 1
血桐属一种 *Macaranga* sp. 1
珠子草 *Phyllanthus amarus* Schumacher 2
蓖　　麻 * *Ricinus communis* Linn. 1

Papilionaceae　蝶形花科

大叶蝶豆　*Clitoria macrophylla* Wall. 1
刺　　桐　*Erythrina orientalis* (Linn.) Murr. 1 (*E. indica* Lam.)
豆　　角　* *Vigna sinensis* (L.) Savi ex Hassk. 2

Casuarinaceae　木麻黄科

木 麻 黄　* *Casuarina equisetifolia* Linn. 9

Ulmaceae　榆科

山 黄 麻　*Trema tomentose* (Roxb.) Hara 1 (*T. velutina* Bl.)

Moraceae　桑科

菠 萝 蜜　* *Artocarpus heterophyllus* Lam. 1
印度胶榕　* *Ficus elastica* Roxb. ex Hornem 2

Sapindaceae　无患子科

龙　　眼　* *Euphoria longan* (Lour.) Steud. 1

Apocynaceae　夹竹桃科

玫 瑰 树　*Ochrosia borbonica* Gmelin 1

Rubiaceae　茜草科

海 岸 桐　*Guettarda speciosa* Linn. 1,3
伞房花耳草　*Hedyotis corymbosa* (L.) Lamk. 2
海 巴 戟　*Morinda citrifolia* Linn. 1,6

Compositae　菊科

香 丝 草　*Conyza bonariensis* (L.) Cronq. 2
生　　菜　* *Lactuca sativa* Linn. 2
夜 香 牛　*Vernonia cinerea* (L.)Less. 2

Goodeniaceae　草海桐科

草 海 桐　*Scaevola sericea* Vahl. 1,4,6,8 (*S. koenigii* Vahl.)

Boraginaceae　紫草科

橙花破布木　*Cordia subcordata* Lam. 1
银 毛 树　*Messerschmidia argentea* (Linn. f.) Johnston 1

Solanaceae　茄科

辣　　椒　* *Capsicum annuum* Linn. 1,2

番　茄　* *Lycopersicon esculentum* Mill. 2
茄　* *Solanum melongena* Linn. 2

Convolvulaceae　旋花科

蕹　菜　* *Ipomoea aquatica* Forsk. 2
番　薯　* *I. batatas* (Linn.) Lam. 1,6,7
南沙薯藤　*I. gracilis* R. Br. 1
厚　藤　*I. pes-caprae* (Linn.) Sweet 1 (*I. biloba* Forsk.)

Verbenaceae　马鞭草科

过江藤　*Lippa nodiflora* (L.) L. C. Rich 1

Hydrocharitaceae　水鳖科

小喜盐草　*Halophila minor* (Zoll.) Hartog.

Musaceae　芭蕉科

香　蕉　* *Musa acuminata* Kwarf Cavendish 1,6,7

Amaryllidaceae　石蒜科

葱　* *Allium fistulosum* Linn. 2

Palmae　棕榈科

椰　子　* *Cocos nucifera* Linn. 1,4,5,6,7

Pandanaceae　露兜树科

露兜树属一种 *Pandanus* sp. 1,3,4

Cyperaceae　莎草科

香附子　*Cyperus rotundus* L. 2
叶状苞飘拂草　*Fimbristylis spathacea* Roth. 2
羽穗砖子苗　*Mariscus javanicus* (Houth.) Merr. et Metc. 1 (*M. albescens* Gaudich)

Poaceae　禾本科

蒺藜草　*Cenchrus calyculatus* Cavan. 1
绊根草　*Cynodon dactylon* (L.) Pers 2
龙爪茅　*Dactyloctenium argyptium* (Linn.) P. Beauv. 2
异型马唐　*Digitaria heterantha* (Hook. f.) Merr. 2
牛筋草　*Eleusine indica* (Linn.) Gaertn. 2
鲫鱼草　*Eragrostis tenella* (Linn.) P. Beauv. ex Roem. et Schult. 2
鸭嘴草属一种　*Ischaemum* sp. 1

水　　稻　* *Oryza sativa* Linn. 1

匍 地 黍　*Panicum repens* L. 2

蒭 雷 草　*Thuarea involuta* (Forst.) R. Br. ex Roem. et Schult. 1 (*T. sarmentosa* Pers.)

学名后的数字表示该植物在南沙群岛各岛屿中的分布情况;1,2,3,4,5,6,7,8,9分别表示:太平岛、永暑礁人工岛、北子岛、鸿庥岛、南钥岛、中业岛、南威岛、敦谦沙洲和染青沙洲。学名前的"*"号表示栽培种。

从上面的名录中可以看出,在南沙群岛的野生维管束植物中,除禾本科9属9种,大戟科4属6种,莎草科及茜草科各3属3种,蒺藜科、椴树科、蝶形花科、菊科、紫草科、旋花科各含2种外,其余的科均仅含1个种。真正在南沙群岛珊瑚岛森林群落中起建群作用的种,如榄仁树、海棠果、海岸桐、草海桐、橙花破布木、银毛树、白避霜花等,它们分别隶属于使君子科、藤黄科、茜草科、草海桐科、紫草科和紫茉莉科中,这些种是热带珊瑚岛森林群落中的表征成分。

从各岛所含种数的初步统计看,除永暑礁人工岛所含的栽培或归化植物种数较多外(共39种,其中栽培种18个,归化种21个),太平岛所含的野生植物种数最为丰富,共28种,还有栽培种10个。该岛为南沙群岛第一大岛,加之这里自古以来人类的活动较之其他岛屿为多,从而无意中带来不少杂草,因此太平岛所含的植物种数较多是必然的。其余的岛屿因我们目前掌握的资料较少,不宜多加讨论。但从西沙群岛植物分布的情况可知,面积较小,海拔较低及人类活动较少的岛屿植物种数也相对较少。因此可以估计其他的岛屿植物的种类均较之太平岛少,而且,所含的植物种类也多与太平岛的相同。

南沙群岛的维管束植物全为热带成分,在野生的45属植物中,仅画眉草属(*Eragrostis*)主产温带,但其所含的代表种鲫鱼草却是热带、亚热带地区常见的植物。其余的属主要是泛热带成分,共35属,占77.78%,它们多半是南沙群岛各岛屿中森林植被的主要或建群植物,如避霜花属(*Pisonia*)、红厚壳属(*Calophyllum*)、海岸桐属(*Guettarda*)、海巴戟属(*Morinda*)、草海桐属(*Scaevola*)、破布木属属(*Cordia*)等。旧世界分布的属有5个,即无根藤属(*Cassytha*)、血桐属(*Macaranga*)、露兜树属(*Pandanus*)、玫瑰树属(*Ochrosia*)和蒭雷草属(*Thuarea*)。银毛树属(*Messerschmidia*)是热带亚洲和热带美洲间断分布的属。世界分布的属有3个,即莎草属(*Cyperus*)、马唐属(*Digitaria*)、黍属(*Panicum*)。从这些属的分布区可以看出,南沙群岛的野生维管束植物全部都是跨洲际分布的。在种的水平上,本区所含的维管束植物种类没有一个是原产的,它们全部见于邻近的国家和地区,从而显示出植物区系的年轻性。

三、物种多样性的形成与植被的演替

南沙群岛没有自身的特有种,岛上的植物全部是从附近的大陆或岛屿通过海流、鸟类、风及人类传播进来的,而最初来到这里定居的植物应是以海流传播的种类。这些种类的繁殖体(包括果实、种子、胎轴、枝条等)大都有漂浮能力,本区约有20种,主要代表有榄仁树、海棠果、海岸桐、海巴戟、草海桐、橙花破布木、厚藤、露兜树、过江藤等。靠鸟类传播的种类,其果实或种子多半有钩刺、针毛或产生粘液,容易钩附于鸟类的羽毛上或被鸟类吞食,通过粪便传播。这类植物在南沙群岛约有10种,如白避霜花、匍匐刺蒴麻、大花蒺藜、蒺藜草、无根藤、银毛树等。靠风传播的种类是很少的,主要有蕨类或菊科的植物,其种子具冠毛或孢子极小,可在空气中飘扬,如香丝草、夜香牛、乌毛蕨等。然而,大量的种是通过人类传播的。人类活动影响植物的散布

是极其复杂多样的。包括有意的和无意的传播。前者包括许多蔬菜、果树、粮食作物及观赏植物等，在南沙群岛中大约有28种（见名录）。人类无意传播的植物主要包括许多田间杂草，这些植物可以通过混杂在栽培植物种子中传播，如马齿苋、香附子、龙爪茅、伞房花耳草等。有些植物可能通过搬运建筑材料传到岛上。永暑礁建筑人工岛所需的砂子一部分是从海南或广东大陆运去的。这一过程必将给杂草的渗入增添了机会。如簇花粟米草、甜麻、飞扬草、珠子草、绊根草、异型马唐、牛筋草、鲫鱼草、铺地黍等可能属于此一类。

尽管通过各种方式传播到岛上的植物种类是十分丰富的，但只有那些能适应于珊瑚岛上富含钙质且盐分较高的土壤及气候条件下生长的植物才有其立足之地。然而，能在珊瑚岛上生长的植物是很少的。许多红树科植物的胎轴虽然也曾被漂流到南沙群岛的岛屿上（南沙综合科学考察队的同志曾在半月礁的泻湖中找到了红树科植物的胚轴），但由于这里没有适于红树林生长的泥质海湾和海滩而无法扎根生长。同样，由人类无意传播到南沙群岛的草本植物是相当多的，但只有那些适应性较强的广布性杂草才有可能在这里正常生长，并扩大其分布区。

南沙群岛植被的演替，除个别岛屿（如太平岛、中业岛等）已发展成为珊瑚岛森林的顶极群落外，多半岛屿尚处于演替的中期阶段或初期阶段（部分沙洲）。从裸露的沙滩发育成为森林群落，经历了漫长的中期演替阶段。其初，由于沙滩裸露，阳光暴晒，温度变化十分激烈，又由于缺少养料，加之时有风浪冲刷，植物的立足是十分困难的。只有厚藤、海滨大戟、过江藤等才有可能在那里生长。由于这些植物的落叶给土壤增添了有机物质，喜光的草本植物如蒭雷草、大花蒺藜、匍匐刺蒴麻、羽穗砖子苗、香附子等也相继而至。随着有机物的积累进一步增多，生境大为改善，给许多灌木的侵入创造了条件。草海桐、银毛树及海岸桐相继出现，它们与草本植物一起组成灌木丛群落。其后乔木树种如榄仁树、海棠果、白避霜花、橙花破布木也相继出现，形成了珊瑚岛森林植被的顶极群落。

四、南沙群岛与西沙群岛植物的联系与差异

南沙群岛的礁滩分布广而多，但岛屿的总面积还不及西沙群岛永兴岛的面积（1.85km²）。最大的太平岛的面积只是永兴岛面积的1/4。此外，南沙群岛各岛屿的海拔普遍要比西沙群岛各岛屿的海拔低，加之成陆年代比西沙群岛为晚。因此植物种数不及西沙群岛是必然的。但两组群岛均属于海洋型珊瑚岛，自然条件相似，地理位置相近，使得两地的植物具有许多共通的种。如草海桐、银毛树、海岸桐、榄仁树、海棠果、白避霜花、海巴戟、橙花破布木等都是两地森林群落中常见的植物。但也有一些种类只见于南沙群岛而没有分布到西沙群岛，如匍匐刺蒴麻、肾叶大戟、大叶蝶豆、玫瑰树、南沙薯藤、广州槌果藤、乌毛蕨、血桐等。其中前5种在我国仅分布于南沙群岛。相反，许多西沙群岛有分布的植物也没有发现于南沙群岛。但必须指出，由于目前我们对南沙群岛的植物还了解得不多，许多植物有待发现。根据南海沿岸各地植物分布的普遍规律，我们认为，下列常见于热带海岸的种类也有可能分布到南沙群岛，它们包括海马齿（*Sesuvium portulacastrum*）、多毛马齿苋（*Portulaca pilosa*）、黄细心（*Boerhavia diffusa*）、西沙黄细心（*B. erecta*）、铺地刺蒴麻（*Triumfetta procumbens*）、海刀豆（*Canavalia maritima*）、海南槐（*Sophora tomentosa*）、海滨豇豆（*Vigna marina*）、孪花蟛蜞菊（*Wedelia biflora*）、水芫花（*Pemphis acidula*）、细穗草（*Lepturus repens*）、锥穗钝叶草（*Stenota phrumsubulatum*）、海人树（*Suriana maritima*）、川蔓藻（*Ruppia maritima*）、卵叶喜盐草（*Halophia ovalis*）等。这些种类在西沙群岛各岛屿中十分常见。

五、物种多样性的保护

在生物多样性的研究领域中，岛屿的生物占据特殊的地位，由于岛屿与大陆相隔离，岛屿上的生物有着自己的特点。岛屿生态系统中各种成分之间的能量流动和物质循环保持着稳定的动态平衡，一旦生态系统中的能量生产者——植被被破坏，将引起一系列的连锁反应。据科学家估计，每消灭一种植物，将有20～30种依赖于这种植物生存的动物也随之消失，而岛屿上生物受威胁的程度要比其他许多地区严重得多。像南沙群岛这样小的岛屿，又远离大陆，岛屿上的生物一旦减少，又得不到及时的补充，受威胁的动物又难于迁往它地以求生存，只好原地待毙了。因此必须采取有效的措施保护植被。首先在我国目前驻军的岛礁上开展生物多样性的研究，进行全面的本底调查，了解物种濒危的现状及其原因，制定保护对策，从而达到永续利用的目的。为此我们建议，在南沙群岛中面积最大，植被保存最好，物种最为丰富的太平岛上建立一个以保护珊瑚岛森林植被为主的多功能的自然保护区，使岛屿上的珍稀濒危物种得到就地保存。

参 考 文 献

广东省植物研究所，1977。我国西沙群岛的植物和植被。科学出版社。

中国科学院南沙综合科学考察队，1992。南沙群岛永暑礁第四纪珊瑚礁地质。海洋出版社。

邢福武、李泽贤、叶华谷等，1993。我国西沙群岛植物区系地理的研究。热带地理，13(3)：250～257。

邢福武、吴德邻、李泽贤等，1993。西沙群岛植物资源调查。植物资源与环境，2(3)：1～6。

徐俊鸣，1978。我国南海诸岛的自然地理概要。《海洋文选》，第二期。

ANALYSES ON THE BIODIVERSITY OF VASCULAR PLANTS FROM NANSHA ISLANDS

Xing Fuwu, Wu Telin and Li Zexian

(*South China Institute of Botany, Academia Sinica*)

ABSTRACT

Nansha Islands are situated in the southern part of South China Sea, with an altitude of 1.8～6m. The major types of vegetation are the evergreen coral island forest, shrub forest and beach herbaceous vegetation. The dominant species of the forest communities are *Cordia subcordata*, *Scaevola sericea*, *Terminalia catappa*, *Pisonia grandis*, *Guettarda speciosa*, *Messerschmidia argentea*, *Calophyllum inophyllum* and *Morinda citrifolia*. So far as we know, there are 78 species (28 cultivated species included) of vascular plants belonging to 40 families and 70 genera in the islands. All of them are immigrants by ocean current, migratory birds, wind and man from the neighboring continents and islands. A few species such as *Triumfetta repens*, *Clitoria*

macrophylla, *Ochrosia borbonica*, *Euphorbia reniformis* and *Ipomoea gracilis* are found only in Nansha Islands, but not recorded from Xisha Islands and other regions of China.

Problems of the biodiversity conservation and sustainable exploitation have been also discussed in present paper.

Key words: Nansha Islands, Vascular plants, Biodiversity

南沙群岛海区浮游原生动物的生态学研究 I：群落生物多样性

徐润林 白庆笙 吴灶和* 江静波
（中山大学生物系）
*（中国科学院南海海洋研究所）

提 要

根据中国科学院南沙综合科学考察队1993年5～6月间，1993年11～12月间和1994年3～4月间3个航次采集的南沙群岛海区44份水样标本，经过定性和定量观察，计算出该海区原生动物的多样性指数（Margalef's 指数）。各采样点的多样性指数在1.253～7.509之间。文中就各航次所得样品的结果进行了统计学比较，分析了导致各航次样品结果差异的可能因素，并对原生动物生物多样性与环境的关系进行了初步讨论。

关键词：南沙群岛、浮游原生动物、群落生物多样性

通过中国科学院南沙综合科学考察队10年来的工作，已对南沙群岛周围海区生物类群的组成及生态学进行了较多的研究和报道。浮游原生动物是浮游动物中的一个重要组成部分，它在海洋生态系中的作用在国外已有许多报道，但在我国这方面的工作做得较少。

生物多样性指数是群落生态学研究中的一个重要内容，它不仅可用于说明群落自身的结构特点，同时人们常把它作为环境评价的重要参数之一。

中国科学院南沙综合科学考察队分别于1993年4～5月间在南沙群岛海区东北部海域，1993年11～12月间在南沙群岛西南部海域和1994年3～4月间在南沙群岛中部海域进行了3个航次的科学考察，获取了总共44个采集样点的浮游原生动物样品。本文通过对这些样品的定量和定性分析，得出南沙群岛海区浮游原生动物的生物多样性指数，并试图用这些数据说明该海区的环境状况，以弥补国内在这方面研究的空白。

材料与方法

(1)各航次采样站位的分布　见图1～3。

(2)定性及定量标本的获取　用小型浮游生物网（直径：0.37cm）垂直采集水样，各采样点的采样深度是从50m 至水面。鲁哥氏液固定，水样经沉淀浓缩至体积为30ml。

(3)标本的观察与计数　将浓缩水样摇匀，取0.1ml 置入浮游动物计数框，显微镜下定种并计数，将所得虫体密度换算成（Ind. /m^3）。

(4)多样性指数的计算　将定性及定量分析数据代入下式：

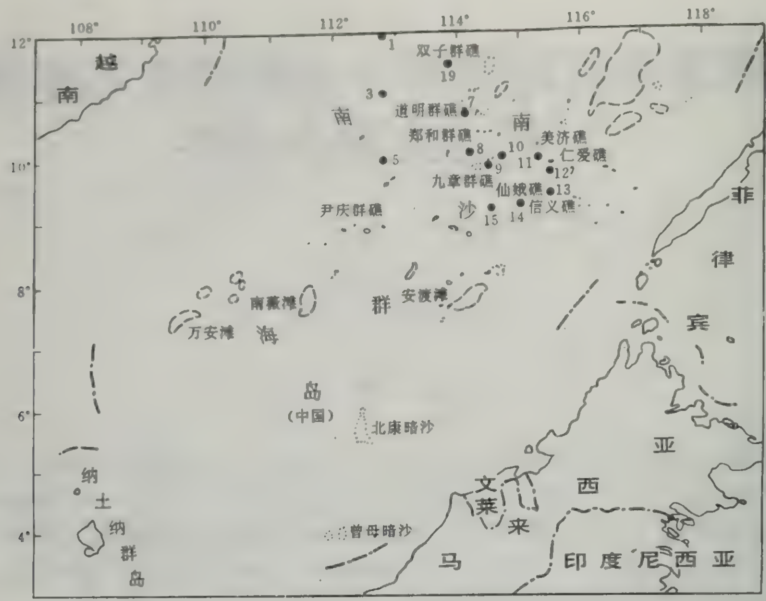


图1 1993年4～5月航次在南沙群岛海区东北部海域各采样点座标图



图2 1993年11～12月航次在南沙群岛海区西南部海域各采样点座标图



图3　1994年3～4月航次在南沙群岛海区中部海域各采样点座标图

$$d = \frac{S-1}{\log N}$$

求出 Margalef 多样性指数。

结　　果

1. 南沙群岛海区各采样站原生动物的多样性指数及其优势种

1)南沙群岛海区东北部的浮游原生动物多样性指数及其优势种见表1。

表1　南沙群岛海区东北部海域浮游原生动物多样性指数及优势种

站　号	种　数	密度(Ind./m³)	多样性指数	优　势　种
1	33	502	5.145	*Stichopilium thorocopterum* *Amphispyris reticulta* *Arachnocorys circumtexta*
3	23	670	3.381	*Tintinnidium* sp. *Xystronella treforti* *Hexacontium mellaium*
5	20	753	3.019	*Archnocorys umbellifera* *Undella hyalina*
7	25	474	3.895	*Stichopilium rapaeformis* *Acanthocorys varibilis*

续 表

站 号	种 数	密度($Ind./m^3$)	多样性指数	优 势 种
8	27	614	4.050	*Spongphacus flos* *Lamprocylas marifalis* *Eucoronis challengeri*
9	44	307	7.509	*Lamprocyclas marifalis* *Arachnocorys circumtexta*
10	27	390	4.357	*Arachnocorys circumtexta* *Amphispyris reticulata*
11	25	670	3.688	*Arachnocorys circumtexta* *Sticopilum thoracopterum* *Sethophornis enpilium*
12	14	251	2.353	*Solenosphaera pandora* *Stylochlamydium verostum* *Hexacontium mellarium*
13	30	223	5.362	*Amphispyris reticulata* *Xystonella treforti* *Tetrapyse nephropyle*
14	26	391	4.189	*Lamprocyclas marifalis* *Arachnocorys umbellifera* *Castanissa hoylei*
15	32	670	4.764	*Castanella wivillei* *Lamprocyclas marifalis* *Castanissa hoylei*
19	37	1451	4.945	*Rhizoplegma radicatum* *Coleapsis coronata* *Actinomma saccoi*
均 值	27.9	566.7	4.358	

2)南沙群岛海区西南部的浮游原生动物多样性指数及其优势种见表2。

表2 南沙群岛海区西南部海域浮游原生动物多样性指数及优势种

站 号	种 数	密度($Ind./m^3$)	多样性指数	优 势 种
6	19	391	3.016	*Otosphaera polymorpha*
11	13	56	2.981	*Phyractaspis* sp.
13	15	335	2.408	*Triastrum aurivillii*
16	14	223	2.404	*Panartus tetrathalamus*
19	21	670	3.073	*Tetrapyle* sp.
21	30	1006	4.195	*Phizosphaera serrata*
33	20	1508	2.596	*Vorticella marina*

续 表

站 号	种 数	密度(*Ind.* /m^3)	多样性指数	优 势 种
34	28	1061	3.875	*Tetrapyle* sp.
35	17	335	2.752	*Zygocircus longisinus* *Octopyle* sp.
38	26	1061	3.588	*Cystidium spiculosum*
49	22	447	3.441	*Vorticella marina* *Archipera dipleura*
51	13	447	2.130	*Vorticlla marina*
58	12	391	1.843	*Xystonella* sp.
61	16	112	3.179	*Cystidium spiculosum*
63	23	782	3.302	*Panartus tetrathalamus* *Dorypelta tessaraspis*
65	18	278	3.021	*Eutintinous* sp. *Coleapsis coronata*
67	13	14413	1.253	*Vorticella marina*
68	25	894	3.352	*Hexacontium* sp. *Archicircus sexangulris*
70	26	363	3.376	*Hexacontium* sp. *Monozonium pachystylum*
72	14	950	1.896	*Vorticella marina*
73	17	447	2.622	*Lithomelissa monocera*
均 值	19.1	1246.2	2.872	

3)南沙群岛海区中部的浮游原生动物多样性指数及其优势种见表3。

表3 南沙群岛海区中部海域浮游原生动物多样性指数及优势种

站 号	种 数	密度(Ind. /m^3)	多样性指数	优 势 种
5	28	6145	3.095	*Vorticella marina* *Zoothamnium marinum*
6	22	2344	2.706	*Vorticella marina*
7	22	949	3.063	*Enoronis nephrospyris*
8	24	1507	3.143	*Vorticella marina* *Triastrum aurivillii*
10	17	1060	2.297	*Solenosphaera pandora* *Vorticella marina*
12	20	1228	2.671	*Vorticella marina* *Hexacontium* sp.

续 表

站 号	种 数	密度(Ind. m³)	多样性指数	优 势 种
13	16	1004	2.170	*Vorticella marina* *Cromyechinus dodecacanthus*
14	21	4799	2.360	*Vorticella marina* *Xystonella treforti* *Eutintinous apertus*
15	19	5190	2.104	*Vorticella marina* *Hexstylus solonis* *Amorphonella* sp.
16	33	3125	3.977	*Vorticella marina*
均 值	22.2	2590.4	2.795	

从表中可见：南沙群岛东北部海域浮游原生动物群落的多样性指数介于2.353～7.509；西南部海域浮游原生动物群落的多样性指数介于1.253～4.195之间；而中部海域浮游原生动物群落的多样性指数介于2.104～3.977。优势种在南沙群岛东北部海域主要是泡沫目的放射虫和铃形目纤毛虫；西南部及中部海域的许多站点为缘毛目的海洋钟虫(*Vorticella marina*)、铃形目的纤毛虫和少数种类的放射虫。

二次采样的时间、地点不同，所得结果也不尽相同。与南沙群岛东北部海域的结果(表1.)相比，西南部的种类(平均19.1种)普遍少于东北部海域(平均27.9种)，统计学上的差异极明显($P<0.01$)。西南部各站的密度差异很大，少的只有56 Ind./m^3，而多的可达14400 Ind./m^3以上。这种差异在东北部海域未出现过。但东北、西南两个海域的密度均数相比则无统计学上明显差异。南沙群岛东北、西南两个海域的多样性指数均数也显示统计学上的差异极明显($P<0.01$)。西南部多样性指数平均为2.872(1.253～4.195)，低于东北部的平均值4.358(2.353～7.509)，西南部的51#、58#、67#和72#站的原生动物多样性指数均低于东北部的最低值(2.353)，西南部最高值(4.195)低于东北部最高值(7.509)，多样性指数最低的67#站的生物量(密度)最大，而种类较少，以 *Vorticella marina* 为绝对优势种(达13687 Ind./m^3)，占总数量的94.96%。

连接东北部和西南部的中部海域，其种类数(平均22.2种)介于东北部和西南部之间，在统计学上与上述两海域的结果没有显著差异($P>0.05$)；同时中部海域的浮游原生动物多样性指数(平均2.795)与上述两海域比较，也无统计学上的差异($P>0.05$)；虽然中部的多样性指数均数(2.795)略小于西南部(2.872)，但中部样点多样性指数最低值(2.104)大于西南部的最低值(1.253)。中部样点的个体密度大多在10^3 Ind./m^3的水平上，虽然其均数(2590.4 Ind./m^3)大于西南部的均数(1246.2)，但各样点之间比较平均，不像西南部那样差异明显。统计学的比较显示中部与其东北部在个体密度上有差异($P<0.05$)，与西南部无差异。

2. 南沙群岛海域浮游原生动物多样性指数的水平分布

1)南沙群岛海区东北部海域浮游原生动物多样性指数的水平分布见图4。

2)南沙群岛海区西南部海域浮游原生动物多样性指数的水平分布见图5。

3)南沙群岛海区中部海域浮游原生动物多样性指数的水平分布见图6。

从图中可见，多样性指数的分布随纬度的降低呈下降的趋势。



图4　浮游原生动物生物多样性指数在南沙群岛海区东北部海域的水平分布



图5　浮游原生动物生物多样性指数在南沙群岛海区西南部海域的水平分布

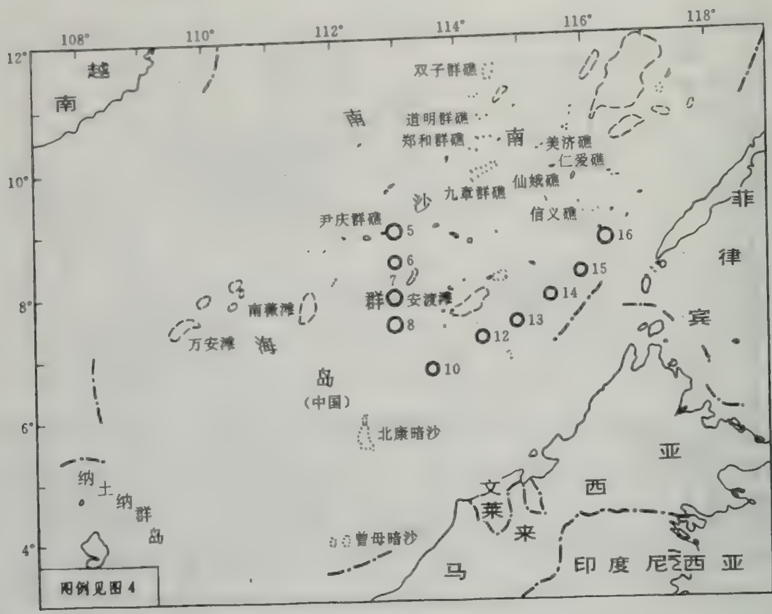


图6　浮游原生动物生物多样性指数在南沙群岛海区中部海域的水平分布

讨　　论

1. 浮游原生动物群落的优势种

对于浮游原生动物在海洋中的动物地理学研究，国内外的报道都很少。S. van der Spoel & R. P. Heyman(1983)在其有关浮游动物在全球各大洋中分布模式的专著中也仅记录了原生动物中的3种有孔虫 *Pulleniatina obliquiloculata*、*Globorotalia hirsuta*、*Globoquadrina pachyderma* 和2种放射虫 *Phormospyris stabilis*、*Lophospyris pentagena*。在这5种原生动物中只有有孔虫 *Pulleniatina obliquiloculata* 和放射虫 *Lophospyris pentagena* 在南中国海区有记载。

群落中的优势种是对群落结构、功能起着举足轻重作用的生物种类。因此，在研究原生动物群落结构等生态学工作中，优势种类是人们关注的热点之一。在太平洋白令海(Bering Sea)，浮游原生动物群落中的优势种为 *Strombidium* sp. 和 *Tontonia* sp. (Mamaeva, 1984)。在美国缅因州的一个海湾中的原生动物优势种为 *Lohmanniella spiralis*、*Strombidium conicum*、*S. sulcatum*、*S. acuminatum*、*Tontonia* sp. 及 *Strombidinopsis* sp. (Revelante & Gilmatin, 1987)。在大西洋的威得耳海 (Weddell Sea)，其原生动物的优势种为 *Codonellopsis* sp. 和 *Cymatocylis* sp. (Alder & Boltovskoy, 1991)。在加拿大新斯科夏半岛(Nova Scotia)附近海区，原生动物的优势种为 *Tintinnopsis sacculus* 和 *Stenosemella ventricosa* (Paranjape, 1987)。在德国基尔湾，其原生动物优势种为 *Strombidium* sp. (Smetacek, 1981)。南亚得里亚海(Adriatio Sea)的浮游铃形虫中以 *Codonella aspera*、*Rhabdonella spiralis*、*Xystonella lohmanni*、*X. treforti*、*Undella chaparedei* 和 *Paraundella lohmanni* 为优势种(Krsinic, 1982)。在我国海洋浮游原生动物生态研究中，较多的是在放射虫方面，在南海的西沙群岛以 *Dorataspis loricata*、*D. micropora* 和 *Hexaconus*

*ciliatus*为放射虫中的优势种(谭智源、宿星慧,1983)。与前人研究的结果相比,南沙群岛东北部海域的原生动物优势种也主要是铃形目纤毛虫和泡沫目的放射虫;西南部各样点的优势种与东北部海域相似,只是在几个站位中纤毛虫 *Volrticella marina* 成为优势种;而中部各样点优势种中都有 *Vorticella marina*。

Vorticella marina 为有柄的,附着在浮游甲壳动物体表,底栖动、植物或无生命的基质上,一般营群集固着生活的缘毛目纤毛虫。南沙群岛西南部及中部优势种中出现这类种类的因素之一是这两次采样时,海上的涌浪较大,可能是涌浪将原本固着生活的虫体从下面翻卷上来所致。

利用指示生物做为水环境评价的参数之一已有近百年的历史。随着对原生动物在水生态系中作用的认识不断深入,在淡水环境中人们已将原生动物划分为6个营养功能类群,并用于评价水环境的质量。对于海水动物生态功能,特别是营养类型,国外有些报道。铃形目纤毛虫主要是以水中的细菌和藻类为食的,另有一些种类是肉食性的。按照 Pratt (1985)划分营养功能类群的标准,应将它们划分为食藻者(A),食菌-食屑者(B)和食肉者(R)。Pratt 认为群落中的 A 组占的比例大,能反映出水质较优。在许多放射虫中,都有内共生物存在。Swanberg (1983)通过对放射虫生态、生理学的研究认为:放射虫对海洋光合作用带的贫营养生态系是极重要的。同时含自养内共生物的放射虫占优势也说明了水质状况较为优良。因而,从原生动物群落优势种的组成说明南沙群岛北部海域的水环境为贫养型。从营养类型讲,*Vorticella marina* 主要是以水中的细菌为食的(沈韫芬等 1990)。它们成为这几个站位的优势种可能是受到马来西亚沿海人类活动影响的结果。类似这样的状况在大陆沿海,特别是受到富营养化影响的水域也常出现。

2. 南沙群岛海区浮游原生动物的多样性指数

国内外对海洋原生动物生态学研究较多地集中在它们在某一海域内的季节变化或垂直、水平分布等问题。而对于群落的多样性则报道得较少。国内还尚未见报道。大西洋威得耳海原生动物的多样性指数是 0.570～0.671 (Alder & Boltovskoy, 1991),加拿大新斯科夏半岛附近海域的原生动物多样性指数为 1.427～1.998 (Paranjape, 1987)。与这些结果相比,除南沙群岛海区西南部的3个样点外,南沙群岛海区绝大多数样点原生动物的多样性指数要比文献报道的高得多。

生物多样性指数做为环境评价的参数之一,也曾被广为利用。从群落生态学角度讲,群落的生物多样性指数越高,说明群落的结构越复杂,其稳定性越好,抗环境压迫(Stress)的能力越强。本文结果中的多样性指数高于国外的报道,其原因在于文献报道的海区都是沿岸带环境,其海水受陆地人类活动的影响较大。而南沙群岛远离大陆,其周围环境受人类活动的影响较小,因而在生态上表现出生物种类多,个体密度小,生物多样性指数高的特点。反映出该海区环境尚未受到污染,同时还反映出该海区环境中营养物的循环处于较平衡的状态。

虽然南沙群岛海区的浮游原生动物多样性指数较高,但不同海域之间有差异。导致这些差异的生态学因素有许多,水温对浮游原生动物的种类和数量分布影响很大(沈韫芬,1990)。根据在南沙群岛太平岛观测的年平均气温记录,每年12月是全年气温最低的月份。而1993年3～4月航次的样品采集恰好在这一时期进行。气温的变化虽说对整个水域的水温影响不大,但对表层水还是有影响的。另外,根据对南沙群岛海区的水温调查显示:在南沙群岛海区西南部海域有一温度较低的低温舌,走向为西南向东北(中国科学院南沙综合科学考察队,1991)。1993年3～4月航次的大多数采样站正好位于该海域。而对中部及东北部海域的采样工作是在3～4月和

5～6月间进行的，这时期是全年气温最高的。同一位置不同时期的样品结果也说明了温度对多样性指数可能产生影响。例如，1993年4～5月间航次的1#站与1993年11～12月间航次的6#站相距很近(同一纬度上)，但多样性指数前者远大于后者；另外，1994年3～4月间航次的8#站与1993年11～12月间航次的73#在同一位置，前者的多样性指数也大于后者。因而可以推测：温度对浮游原生动物多样性指数有影响；温度较低是南沙群岛海区西南部海域浮游原生动物群落生物多样性指数普遍较低的主要因素之一。

除水温对浮游原生动物多样性有影响外，原生动物的食物的数量和分布对原生动物的分布同样具有重要意义。根据沈鹤琴等(1991)研究表明：在表层水中，位于菲律宾巴拉望岛至马来西亚沿岸线海区的含菌量均高于南沙海槽区和群礁区。对原生动物另一类食物——浮游植物的生态研究表明：浮游植物高数量区位于南沙群岛海区的东南部，而西北部数量较少(林永水、林秋艳，1991)。同时，做为原生动物的捕食者，浮游甲壳动物在南沙群岛海区东南部的生物量较高(陈清潮等，1989)。另外，Beers & Stewart 在美国加利福尼亚州沿海的研究表明：浮游原生动物的生物量与采样点与距海岸的距离呈反比，离岸越近，生物量越大，多样性越小(Beers & Stewart，1969)。这一现象在白令海、北大西洋的藻海及加勒比海都得到证实(Mamaeva，1984；Sieburth & Davis，1982)。

Laybourn-Parry(1992)认为：在赤道附近两侧的热带海区，由于光照充足，导致了这里的水体初级生产很高，并使得这里的营养物丰富，为浮游原生动物提供了大量的食物，进而使近赤道的低纬度海区的浮游原生动物的现存量大增，其结果是导致了低纬度海区的浮游原生动物群落生物多样性较低。这一观点已在印度洋的赤道附近海区得到证明。为方便比较，特将文献报道(Mamaeva，1983)的数据换算成 Margrelf's 指数，其结果是：在赤道海区为1.795，在亚热带海区2.036～2.727。这与我们的结果相近。

在本研究的所有采样站中，大多数多样性指数较高的站位纬度相对较高，多样性指数较低的几个站位(58#、67#、72#)都位于南沙群岛的最南侧，站位的纬度较低，位于细菌和藻类数量比较高的区域，它们都是以纤毛虫特别是 *Vorticella marina* 为其优势种。并且它们距离马来西亚及文莱沿海比较近。本研究的结果也证实了 Laybourn-Parryded 的观点。

从上面的讨论可以推断：整个南沙群岛海区的浮游原生动物多样性指数普遍较高；在海区内，多样性指数随纬度的降低而下降；导致南沙群岛南部浮游原生动物多样性下降的因素包括了较低的气温、丰富的食物、较多的捕食者、较低的纬度及距海岸较近。

参考文献

中国科学院南沙综合科学考察队，1991. 南沙群岛西南部陆架海区底拖网渔业资源调查研究报告。海洋出版社。

陈清潮等，1989. 浮游动物. 南沙群岛及其邻近海区综合研究报告(一)，335. 科学出版社。

沈韫芬、章宗涉、龚循矩、顾曼如、施之新、魏印心，1990. 微型生物监测新技术. 中国建设工业出版社.

沈鹤琴等，1991. 南沙群岛海区异养细菌的生态分布. 南沙群岛及其邻近海区海洋生物研究论文集(二)，1～17。海洋出版社。

林永水、林秋艳，1991. 南沙群岛海区浮游植物的生态分布. 南沙群岛及其邻近海区海洋生物研究论文集(二)，66～87。海洋出版社。

谭智源、宿星慧，1983. 西沙群岛礁盘外水域的放射虫. 海洋科学集刊，Vol 20：141～152.

Alder, V. A. & Boltovskoy D., 1991. The ecology and biogeography of tintinnid ciliates in the Atlantic sector of the southern ocean. Marine Chem. 35：337～346.

Beers, J. R. & Stewart, G. L., 1969. Microplankton and its abundance relative to the large zooplankton and other seston components. Mar. Biol. 4：182～189.

Krsinic, F., 1982. On vertical distribution of tintinnines in the open waters of the south Adriatic. Mar. Biol. 63:83～90.

Laybourn-Parry. J., 1992. Protozoan plankton ecology. Chapman & Hall.

Mamaeva, N. V., 1983. Planktonic infusorians of the central part of the Indian Ocean. Soviet J. Mar. Biol. 8:254～258.

Mamaeva, N. V., 1984. Planktonic infusorians in the Bering Sea. Soviet J. Mar. Biol. 9:180～185.

Paranjape, M. A., 1987. The seasonal cycles and vertical distribution of tintinnines in Bedford Basin, Nova Scotia, Canada. J. Can. Zool. 65:41～48.

Pratt, J. R. & Cairns, J. Jr., 1985. Functional groups in the protozoa: roles in differing ecosystems. J. Protozool. 32:415～423.

Revelante, N. & Gilmartin, M., 1987. Seasonal cycle of the ciliated protozoan and micrometazoan biomass in a gulf of marine estuary. Estuarine. Coast. shelf Sci. 25:581～598.

Sieburth, J. McN. & Davis, P. G., 1982. The role of heterotrophic nanoplankton in the grazing and nurturing of planktonic bacteria in the Sargasso and Caribbean Seas. Ann. Inst. Oceanogr., Paris, 58:285～296.

Smetacek, E., 1981. The annual cycle of protozooplankton in the Kiel Bight. Mar. Biol. 63:1～11.

Van Der Spoel, S. & Heyman, R. P., 1983. A comparative atlas of zooplankton, biological patterns in the oceans. Springer-Verlag.

Swanberg, N. E., 1983. The trophic role of colonial radiolaria in oligotrophic oceanic environments. Limnol. Oceanogr. 28:655～666.

STUDIES ON THE PROTOZOAN ECOLOGY IN WATERS AROUND NANSHA ISLANDS I: COMMUNITY DIVERSITY

Xu Runlin, Bai Qingsheng, Wu Zaohe* and Jiang Jingbo

(Biology Department, Zhongshan University)

* *(South China Sea Institute of Oceanology, Academia Sinica)*

ABSTRACT

The material dealt with in this paper were collected from the water of Nansha Islands by the Multidisciplinary Oceanographic Expedition Team of Academia Sinica to Nansha Islands in 3 sequences of voyages during May to June (in Northerneast). November to December 1993 (in Southernwest) and March to April 1994 (at Center). The samples were observated quantitatively and qualitatively. The diversity indexes (Margalef's index) of Nansha Islands water protozoan communities were calculated. The indexes are varible from 1.253 to 7.509, and there is decreasing trend from north to south in the sea.

The differences of protozoan communitiy diversity indexes among of three parts in Nansh Islands water are compared. The abiotic and biotic possible factors that may cause the differences are analysed and discussed in this paper.

Key words: Nansha Islands, Planktonic protozoa, Community diversity

南沙群岛部分岛礁周丛原生动物多样性的初步分析

徐润林 白庆笙
（中山大学生物系）

提 要

根据中国科学院南沙综合科学考察队1994年3～4月间航次在南沙群岛中的9个岛礁上采集的29份不同基质上的周丛原生动物样品，经过定量和定性观察，计算出这些岛礁上的周丛原生动物的多样性指数（Margalef's index）。各岛礁上的多样性指数在0.626～3.023之间；采自岛礁不同位置的样品，其多样性指数有一定差异。文中对可能导致多样性差异的生物及非生物因素进行了初步分析。

关键词：南沙群岛、礁体、周丛原生动物、多样性

南沙群岛为我国南海诸岛中位置最南、岛礁最多的一个群岛。该群岛的200多座岛屿、礁、滩按其地理分布可划为四大群：中北群、东群、西群和南群。经过中国科学院南沙综合科学考察队10年的科学考察，已在南沙群岛的部分岛礁地质、地形地貌、现代沉积和成岩作用及环礁的环境等方面取得了大量成果（中国科学院南沙综合科学考察队，1989、1991、1992；袁友仁等，1991），同时在岛礁水文、水化方面也进行了研究（仇德忠等，1991；韩舞鹰等，1989；蔡艳雅等，1991）；在岛礁生物学方面也有部分岛礁的浮游动、植物及鱼类的报道（林永水等，1989；陈清潮等，1989；黄增岳等，1989）。珊瑚礁做为热带海洋的一种硬基质（substrate），为许多热带海洋底栖生物提供了多种类型的栖息地（McConnaughey & Zottoli，1983）。对于南沙群岛珊瑚礁的底栖生物，张元林等（1989）、陈锐球（1989）和蔡慧梅（1991）分别对造礁珊瑚、海葵和介形类进行了研究。

周丛生物（periphyton）通常是指着生在植物及其他基质上的生物。周丛生物群落包括自养和异养两类生物，其中原生动物种类相当丰富（沈韫芬，1980）。周丛原生动物是周丛生物中的一类。以前由于人们对原生动物在水生态系中的作用认识不足，加上这类生物个体微小，观察困难等原因，除国外有极少量文献报道外，国内尚未见报道。

中国科学院南沙综合科学考察队于1994年3～4月间对位于南沙群岛中北群的永暑礁、半月礁、信义礁、仁爱礁、五方礁、三角礁、华阳礁、渚碧礁和位于南群的皇路礁等9座岛礁进行了登礁考察，在各岛礁的不同位置共采集周丛原生动物样品29份。本文通过对这些样品的定量及定性分析，得出了南沙群岛部分岛礁周丛原生动物的生物多样性指数，并试图用这些数值说明周丛原生动物多样性与样品采集点环境之间的关系。

材料与方法

1. 采样点的分布

1)各岛礁的地理位置见图1。

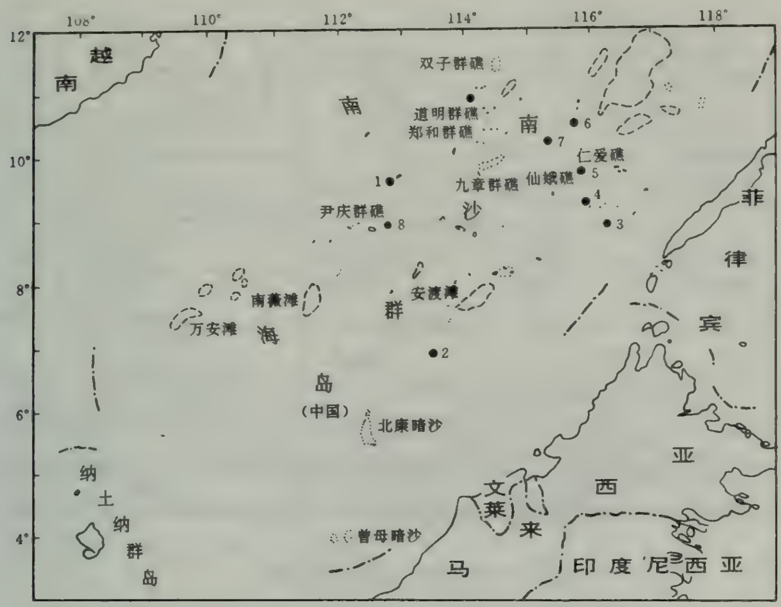


图1　各岛礁的座标图

1. 永暑礁；2. 皇路礁；3. 半月礁；4. 信义礁；5. 仁爱礁；

6. 五方礁；7. 三角礁；8. 华阳礁；9. 渚碧礁

2)各采样点在岛礁的位置见图2。

2. 采样方法

在采样点水面下1～2m 的珊瑚礁上选取不同的基质(活珊瑚、死珊瑚、贝壳等)，用小刀将一定面积的附着生物刮下，置10％的福尔马林固定。

3. 定性及定量观察

方法参照沈韫芬等(1989)。

4. 多样性指数计算

用公式：

$$d = \frac{S-1}{\log N}$$

计算出周丛原生动物的多样性指数(Margalef's index)。

结　　果

各岛礁周丛原生动物生物多样性指数见表1.

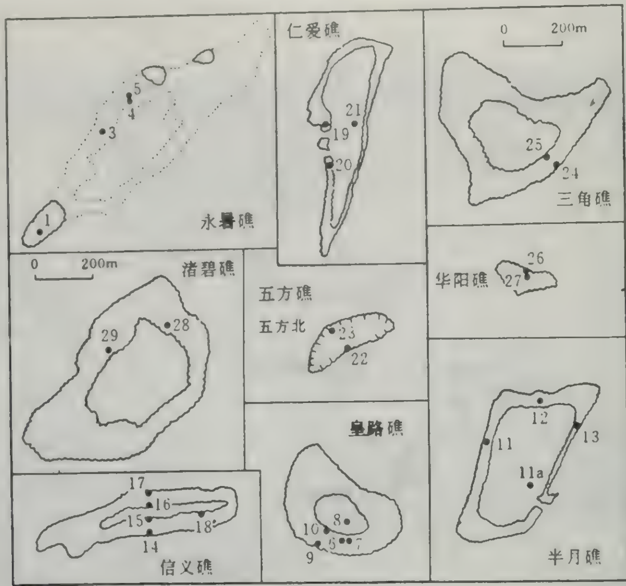


图2 采样点在各岛礁上的位置

表1 南沙群岛岛礁周丛原生动物群落的生物多样性

	站点	基质类型	种 数	密度 (Ind./cm²)	多样性指数 Margalef's index	采样点位置
永暑礁	1	人 工	5	87.72	0.894	西南面中礁坪
	3	砗磲壳	18	276.94	3.023	西面泻湖边
	4	螺 壳	5	57.96	0.985	西面泻湖边
	5	活珊瑚	7	24.76	1.870	西面泻湖边
皇路礁	6	死珊瑚	9	172.88	1.553	南面泻湖边
	7	岩 石	3	24.43	0.626	南面泻湖边
	8	死珊瑚	7	113.68	1.268	点 礁
	9	死贝壳	13	108.62	2.560	南面礁坪外缘
	10	死珊瑚	6	135.34	1.019	西南面泻湖边
半月礁	11	活珊瑚	14	225.56	2.399	西面泻湖边
	11a	死珊瑚	6	82.71	1.132	点 礁
	12	活珊瑚	7	120.30	1.253	北面泻湖边
	13	死贝壳	10	84.59	2.028	东面泻湖边
信义礁	14	砗磲壳	8	60.15	1.709	南面礁坪外缘
	15	死珊湖	14	154.76	2.578	南面泻湖边
	16	活珊湖	9	103.38	1.725	北面泻湖边
	17	死珊湖	5	65.16	0.958	北面礁坪外缘
	18	死珊湖	7	122.18	1.249	南面中礁坪
仁爱礁	19	死珊湖	10	65.48	2.152	西面泻湖边
	20	死珊湖	12	228.38	2.025	西面泻湖边
	21	死珊湖	5	38.20	1.098	点 礁
五方北	22	死珊湖	9	186.21	1.531	西北面泻湖边
	23	活螺壳	11	95.24	2.195	西北面礁坪外缘

续 表

站点		基质类型	种 数	密度 (Ind./cm²)	多样性指数 Margalef's index	采样点位置
三角礁	24	死珊湖	3	22.28	0.644	东面礁坪外缘
	25	死珊湖	10	383.45	1.575	东面泻湖边
华阳礁	26	活螺壳	7	138.16	1.217	北面礁坪外缘
	27	死珊湖	12	203.72	2.069	北面泻湖边
渚碧礁	28	死珊湖	12	254.65	1.986	北面中礁坪
	29	贝 壳	15	289.47	2.470	西北面泻湖边

从表中可见：在这9座岛礁的29个样点中，多样性指数范围在0.626～3.023之间。多样性指数最高的出现在永暑礁(3.023)，最低的出现在皇路礁(0.626)和三角礁(0.644)；从各岛礁不同位点的多样性指数看，位于岛礁东及东北方向的样点其多样性指数较低，西及西南方向的样点其多样性指数则较高。泻湖边样点多样性指数一般大于同侧礁坪及礁外缘；点礁上的周丛原生动物多样性指数并不高(1.098～1.268)。

讨　论

很久以前人们就开展了珊瑚礁生物学的研究，并有大量的文献报道。Yonge(1963)在总结了前人众多工作的基础上，对处于热带海区的珊瑚礁及其生物做了较全面的综述。但是，有关珊瑚礁生物学和生态学的研究中大多数文献报道都是珊瑚礁的造礁珊瑚、珊瑚礁鱼类和其他大型无脊椎动物，而涉及到原生动物的较少。因而对于珊瑚礁周丛原生动物的多样性比较起来较困难。

周丛原生动物群落的种类组成及丰度受到许多生物和非生物因素的影响(沈韫芬，1980)。从我们的研究结果中可以发现：同一岛礁的不同位置上，其周丛原生动物群落的多样性是有差异的。一般来讲，泻湖边上周丛原生动物群落生物多样性较高；而礁坪和礁坪外缘的较低。这种现象不仅在周丛原生动物群落，而且在珊瑚礁的其他生物上也有出现。在中沙群岛的黄岩礁生态学研究中发现：在外礁坪的礁缘部，造礁珊瑚和礁栖生物生长较差，在破浪带，生物种类较少；在内礁坪，造礁珊瑚和礁栖生物种类和数量都比较多(沈寿彭，1982)。对西沙群岛某些珊瑚礁东北向的底栖蟹类的调查表明：在礁坪外缘及破浪带，蟹类种类少；而破浪带内缘种类较多(蓝金运，1982)。对珊瑚礁中水细菌的研究也表明存在这种趋势(Moriarty，1979)。对南沙群岛北部珊瑚礁蟹类的多样性分析，也有相似结果(蔡奕雄，1994)。但并非每类生物都遵循这一规律，例如，南海中部的黄岩环礁的浮游动物种类和数量从泻湖→内礁坪→外礁坪呈增加的趋势(陈清潮等，1982)。

在本研究的结果中发现，除了采样点的位置外，采样点在珊瑚礁的不同方向也对周丛原生动物群落的生物多样性有影响。Glenn et al.(1981)发现基质在岛礁的方向对有孔虫的分布和组成具决定作用。由于周丛原生动物是附着在基质上生存的，因此基质的状况对它们的种类组成和丰度有重要意义。其重要性不仅对原生动物，而且对珊瑚礁上的其他底栖无脊椎动物如甲

壳类、海蛇尾类也有重要意义(Jones，1984；Lewis et al.，1983)。造成这种结果的因素应从珊瑚礁自身的发育加以说明。根据对南沙群岛岛礁地形地貌的研究发现：南沙群岛北部环礁的东北向礁坪和西南向礁坪发育是不对称的。西南向礁坪要较东北向礁坪发育得好。造成这种礁体发育不对称的主要因素是波浪作用。在8°00′00″N以北，岛礁常受到起源于南海和来自于西太平洋的台风袭击，波浪冲击着礁体的东部和东北部礁前缘，造礁生物被破坏(朱袁智等，1991)。这样就破坏了礁栖生物的生存环境，并导致它们的多样性下降。同样的现象在夏威夷的珊瑚礁也有发现(Dollar，1981)。对大堡礁Lizard岛上的细菌及菲律宾Apo礁上的有孔虫数量的研究表明它们在珊瑚礁上的分布也同样具有这种特点(Moriarty，1979；Glenn et al.，1981)。本研究在信义礁一断面4个样点(14#～17#)的结果说明周丛原生动物在岛礁上的分布也具有同样的特点。另外，在其他礁体的东北、北部也显示出周丛原生动物多样性一般较低。

与礁体西或西南向泻湖边相比，采自点礁的样品其多样性指数并不高。从表1可见，一方面这些点礁样品中种类较少，另一方面虫体密度与同一礁体其他位置样品相比也比较低。对南沙群岛部分泻湖水化研究表明：泻湖中部的氧含量及氧饱和度都比较低，同时一些营养盐含量也不高(蔡艳雅等，1991)。对泻湖中水细菌量的研究也显示泻湖中的细菌量较礁坪上的低3～4个数量级(Moriarty，1979)。从这些结果可以认为：泻湖中水化学特性及做为原生动物主要食物水细菌的量对点礁上的周丛原生动物多样性产生了较大影响。

表2　南沙群岛部分岛礁周丛原生动物群生物多样性指数均值

礁名	永暑礁	皇路礁	半月礁	信义礁	仁爱礁	五方北	三角礁	华阳礁	渚碧礁
均值	1.693	1.405	1.703	1.644	1.758	1.863	1.109	1.643	2.226

从各礁体样点多样性指数均值看(表2.)，除三角礁较低(1.109)，渚碧礁较高(2.226)外，其他礁体的多样性指数均值相差不大。但值得注意的是周丛生物在分布及种类组成上受到基质类型、在礁体上的方位和其他许多因素的影响。本次调查中由于各种客观因素的限制，样品采集时，每个礁体上样点数量、分布状况和基质类型尚未达到一致。简单地用多样性指数均值进行礁体之间多样性比较并非妥当。这个问题有待进一步对各礁体的不同方位、不同断面及各类基质上的周丛原生动物进行大面积的、多样点的采样分析方能解决。

参考文献

中国科学院南沙综合科学考察队，1989.南沙群岛及其邻近海区综合调查研究报告(一)(上卷)。科学出版社。

中国科学院南沙综合科学考察队，1992.南沙群岛永暑礁第四纪珊瑚地质。海洋出版社。

中国科学院南沙综合科学考察队，1991.南沙群岛及其邻近海区地质地球物理及岛礁研究论文集(一)。海洋出版社。

仇德忠等，1991.南沙群岛海区的潮汐Ⅰ.美济礁验潮报告.南沙群岛及其邻近海区海洋环境研究论文集(一)，166～173。湖北科技出版社。

朱袁智等，1991.南沙群岛南、北部珊瑚礁沉积.南沙群岛及其邻近海区地质地球物理及岛礁研究论文集(一)，224～232。海洋出版社。

陈清潮等，1989.浮游动物.南沙群岛及其邻近海区综合研究报告(一)(上卷)，99～100.科学出版社。

陈清潮、尹健强，1982.黄岩岛环礁的浮游动物.南海海区综合调查研究报告(一)，273～277.科学出版社。

沈寿彭，1982.黄岩岛珊瑚礁生态.南海海区综合调查研究报告(一)，301～308.科学出版社。

沈韫芬，1980。武汉东湖周丛原生动物生态。水生生物学集刊，7：19～40。

沈韫芬、白庆笙，1989。索溪峪原生动物的生态背景值及其演化预测。湖南武陵源自然保护区水生生物，88～95。科学出版社。

林永水、袁文彬，1989。浮游植物。南沙群岛及其邻近海区综合调查研究报告(一)(上卷)，93～99。科学出版社。

袁友仁等，1991。南沙群岛礼乐滩海域沉积层及礁体结构。南沙群岛及其邻近海区海洋环境研究论文集(一)，166～173。湖北科技出版社。

黄增岳等，1989。环礁的鱼类。南沙群岛及其邻近海区综合调查研究报告(一)(上卷)，106～111。科学出版社。

韩舞鹰等，1989。泻湖的水化特征。南沙群岛及其邻近海区综合调查研究报告(一)(上卷)，80～84。科学出版社。

蓝金运，1982。南沙群岛珊瑚礁蟹类与某些无脊椎动物组合的初步研究。南海海区综合调查研究报告(一)，241～250。科学出版社。

蔡奕雄等，1994。南沙群岛北部珊瑚礁蟹类多样性的初步分析。本集。

蔡艳雅等，1991。南沙群岛几个珊瑚礁泻湖的水化学特征。南沙群岛及其邻近海区地质地球物理及岛礁研究论文集(一)，243～247。海洋出版社。

蔡慧梅，1991。南沙群岛瑚礁区的介形类。南沙群岛及其邻近海区海洋环境研究论文集(一)279～287。湖北科技出版社。

Dollar S. J. , 1982. Wave stress and coral community structure in Hawaii. Coral Reefs. 1:71～81.

Glenn C. et al. , 1981. Distributions of live forminifers on a portion of Apo reef Mindoro, Philippines. in Gomez E. D. et al. (eds.) The reefs and man. Proceeding of the 4th international coral reef symposium. Manila. 443～448.

Jones A. R. , 1984. Sedimentary relationship and community structure of benthic cruastacean assemblages of reef-associated sediments at Lizard Islands. Great Barrier Reef. Coral Reefs 3:101～111.

Lewis J. B. et al. , 1983. Community structure of Ophiuroids from three different habitats on a coral reef in Barbados, West Indies. Mar. Biol. 73:171～176.

McConnaughey B. H. & Zottoli R. , 1983. Introduction to marine bilogy. The C. V. Mosby Company. St. Louis, Toronto, London.

Moriarty D. J. W. , 1979. Biomass of suspended bacteria over coral reefs. Mar. Biol. 53:193～200.

Younge C. M. , 1963. The biology of coral reefs. Advance in marine biology. Vol. 1:209～261.

A PRELIMINARY ANALYSIS OF PERIPHYTONIC PROTOZOAN COMMUNITY DIVERSITIES ON CORAL REEFS IN NANSHA ISLANDS

Xu Runlin and Bai Qingsheng

(*Biology Department, Zhongshan University*)

ABSTRACT

The material dealt with in this paper were collected from 9 coral reefs in Nansha Islands by the Multidisciplinary Oceanographic Expedition Team of Academia Sinica to Nansha Islands in March to April 1994. 29 samples were observated quantitatively and qualitatively. The diversity indexes (Margalef's index) of the coral reef periphytonic protozoan communities were calculated. The indexes are variable from 0. 626－3. 023. The periphytonic protozoan communities which were collected from different positions on a coral reef showed divergence in diversity index. The abiotic and biotic factors which may cause the differences are analyzed preliminarily in this paper.

Key words: Nansha Islands, Reefs, Periphytonic protozoan, Biodiversity

不同基质对岛礁周丛原生动物生物多样性的影响

白庆笙　吴灶和*　徐润林
（中山大学生物系）
*（中国科学院南海海洋研究所）

提　要

为说明海洋环境中基质类型对周丛原生动物种类组成和多样性的影响，文中对由中国科学院南沙综合科学考察队于1994年3～4月间在南沙群岛的皇路礁同一位置礁石上7种类型基质上的周丛原生动物进行了定性和定量观察，计算出它们的生物多样性指数为0.542～2.047。文中对结果之间的差异进行了讨论。

关键词：南沙群岛、礁体、周丛原生动物、生物多样性受不同基质的影响

周丛原生动物是一类生活在水中植物或其他硬基质上的原生动物。热带海区中的珊瑚岛礁为岛礁上的许多栖礁生物提供了多种类型的栖息地。有关珊瑚礁底栖原生动物的报道比较少(Glenn et al., 1981)；对于南沙群岛部分岛礁上的周丛原生动物生物多样性，作者曾做过初步分析（徐润林、白庆笙，1994），但周丛原生动物的种类组成和多样性不仅与基质的地理位置有关，而且与基质的类型有密切关系。为说明海洋环境中周丛原生动物生物多样性与基质类型的关系，本文由中国科学院南沙综合科学考察队于1994年3～4月间在南沙群岛的皇路礁同一位置礁 石上7种类型基质上的周丛原生动物进行了定性和定量分析，用以说明海洋环境中基质类型与周丛原生动物生物多样性的关系和影响。

材料与方法

1）基质类型：在皇路礁南面礁坪一礁石上共采集到死珊瑚、活珊瑚、苔藓虫的草苔虫(*Bugula* sp.)、凹顶藻(*Laurencia* sp.)、唇孢藻(*Cheilosporum* sp.)、粉枝藻(*Liagors* sp.)和红藻中的拟石花(*Gelidiopsis* sp.)等7种基质。

2）周丛原生动物群落的采集、标本的定性和定量观察及多样性指数的计算参考文献报道（沈韫芬，1980）。

结果与讨论

1. 各类基质上周丛原生动物的种类组成

表1　各类基质上周丛原生动物的种类组成

基质类型	死珊瑚	活珊瑚	草苔虫	凹顶藻	唇孢藻	粉枝藻	拟石花
Codonosiga sp.	+		+		+	+	+
Exuviaella sp.	+	+		+			
Oxyrrhis sp.	+		+				
Amceba sp.	+			+			
Bcdc sp.	+		+	+		+	
Acineta sp.	+		+		+	+	+
Tintinnidium sp.		+					
Peritomus sp.			+	+	+		+
Anisonema sp.				+	+		+
有孔虫1.	+	+					
有孔虫2.	+	+		+			
有孔虫3.	+	+					
有孔虫4.		+		+			
有孔虫5.		+		+			
种类数	9	7	5	8	4	3	4

在全部样品中共观察到鞭毛虫5种，变形虫1种，纤毛虫3种和5种有孔虫（见表1）。从表中可见在各种基质上的周丛原生动物中 *Codonosiga* sp. 出现的频率最高；在各类原生动物中有孔虫和鞭毛虫出现的次数较多。

与淡水环境相比，海洋中珊瑚礁上的周丛原生动物种类组成有较大差异，淡水中最常见的缘毛类纤毛虫在本次调查中尚未发现。根据对部分周丛原生动物营养类型研究表明：缘毛类纤毛虫的营养类型大多为食菌和碎屑者（B），它们的数量随环境中营养物的增加而增加（沈韫芬，1980、1990），在富营养化水体中的出现频率颇高（阮惠板，1983）。南沙群岛远离大陆，受人类活动的影响较少，营养盐的积累也较少，故影响了这类周丛原生动物在南沙群岛的分布。

从生活方式上讲，在这7种基质上出现频率较高的 *Codonosiga* sp. 为有柄丝固着生活的，它们不仅可附着在相对较稳定的基质上（珊瑚），同时也可附着在水中摆动较大的基质上（藻类），而一些非固着生活的种类在藻类基质上不易发现。影响不同种类周丛原生动物在基质上分布的因素中水流是其中之一。对于珊瑚等较大型的基质而言，礁坪上的水流不会使其移动，一些非固着生活的周丛原生动物可较容易地附着在其上；而生长在礁坪上的各种较大的藻类在水流的冲击下藻体摆动不定，使这些原生动物很难附着上去。

2. 各类基质上周丛原生动物的密度及多样性指数。

对于淡水环境，国内已有学者分别对湖南湘西索溪（沈韫芬、白庆笙，1989）、武汉东湖（沈韫芬，1980）和广州珠江（阮惠板，1983）的周丛原生动物进行了研究，并发现不同类型的基质上周丛原生动物的种类和数量都有差异。另外一些作者也提出不同的水草上因其形状、年龄和生长速度不同，着生的原生动物种类和数量也不同的观点（Krecker，1939；Cholnody，1929）。Brown（1976）认为基质类型的差异对着生硅藻的分布影响很大。作者对南沙群岛部分岛礁上的周丛原生动物进行初步调查中，虽然也考虑到基质类型可能产生的原生动物群落多样性差

异，但由于不同岛礁的地理位置以及所采周丛原生动物群落在岛礁上的不同位置，因此一些周丛原生动物群落虽采自相同的基质上，但它们的生物多样性仍有差异；而采自不同岛礁不同基质上的周丛原生动物群落在比较其生物多样性时，更缺少可比性。

从表2中可见：凹顶藻上的周丛原生动物种类多而密度小，多样性指数最高；珊瑚上的周丛原生动物不仅种类较多，而且密度在几种类型的基质上也是较高的；而在粉枝藻上，种类和数量都较少，其生物多样性指数也最低。

表2 珊瑚礁各种基质上的周丛原生动物种类数、丰度及生物多样性指数

基质类型	种　数	密　度 (Ind. /cm^2)	多样性指数 Margalef's index
死珊瑚	9	172.88	1.553
活珊瑚	7	113.68	1.263
草苔虫	5	54.27	1.002
凹顶藻	8	30.54	2.047
唇孢藻	4	47.93	0.775
粉枝藻	3	40.10	0.542
拟石花	4	35.42	0.841

周丛原生动物在基质上的分布和丰度受到许多因素的影响，其中主要的因素是周丛原生动物的营养物的种类和数量。原生动物对营养物的摄取有两条主要的途径：其一是通过捕食单细胞藻类或细菌来完成摄取营养的过程；其二是原生动物通过体表交换吸收环境中的小分子营养物。在本研究中的7种类型基质，除一种死珊瑚外其余6种均为活着的生物。虽然附着在这些生物性基质的周丛原生动物不具备摄食这些基质的能力，但生物性基质生活在水中都会通过体表向外分泌或释放出各种小分子物质。对于基质生物来讲，这些小分子物质可能是以废物的形式排出，但它们往往可做为基质生物周围细菌和周丛原生动物的营养物。这些小分子物质一方面可能被周丛原生动物通过体表加以直接吸收和利用；另一方面被细菌利用后，细菌再被原生动物捕食。这是周丛原生动物间接利用基质生物排放出的小分子物质的途径。由于不同的生物分泌和释放的小分子物质不尽相同，做为基质的生物也如此，而不同的细菌和周丛原生动物在利用这些物质的能力也有所差异。这样就使附生在其上的周丛原生动物和周围水细菌的种类组成和丰度受到影响，进而影响了不同类型基质上周丛原生动物的生物多样性。从上面的分析我们可以这样认为：由于各种基质所提供的小生境的不同，又由于许多生物性基质可能产生各种不同小分子物质，使得栖息在这些小生境中的周丛原生动物的种类组成和数量有所差异，进而就导致了每个小生境中的周丛原生动物生物多样性的不同。因此基质的类型也是引起周丛原生动物生物多样性差异的因素之一。在研究岛礁周丛原生动物群落生物多样性时，不仅要考虑到岛礁本身由于地理方位及受海洋各种非生物影响而产生的小生境的多样性，同时也要考虑到处于热带海区珊瑚礁上造礁生物与栖礁生物多样性而形成的周丛原生动物的基质的多样性。

参考文献

阮惠板等，1983。用周丛原生动物评价珠江广州河段的污染程度。暨南理医学报，2：95～104。

沈韫芬，1980。武汉东湖周丛原生动物生态。水生生物学集刊，7：19～40。

沈韫芬、白庆笙，1989。索溪峪原生动物的生态背景值及其演化预测。湖南武陵源自然保护区水生生物，88～95。科学出版社。

沈韫芬、章宗涉、龚循矩、顾曼如、施之新、魏印心，1990。微型生物监测新技术。中国建设工业出版社。

徐润林、白庆笙，1994。南沙群岛部分岛礁周丛原生动物多样性的初步分析。本集。

Cholnoky, B. J. V., 1929. Untersuchungen uber die Okologie der Epiphton. Archiv. Hydrobiol. 18:661～705.

Glenn C. et al., 1981. Distributions of live forminifers on a portion of Apo reef Mindoro, Philippines. in Gomez E. D. et al. (eds.) The reefs and man. Proceeding of the 4th international coral reef symposium. Manila, 443～448.

Krecker, D., 1939. A comparative study of the animals population of certain submerged aquatic plants. Ecology. 20:553～562.

INFLUENCES OF DIFFERENT SUBSTRACTS ON THE BIODIVERSITIES OF PERIPHYTONIC PROTOZOANS IN A REEF

Bai Qingsheng, Wu Zaohe* and Xu Runlin

(*Biology Department, Zhongshan University*)

* (*South China Sea Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

ABSTRACT

For explaination the influences of different substracts on the biodiversities of periphytonic protozoans in a reef, the samples which were collected from 7 kinds of substracts at same position on Huanglu Reef, Nansha Islands by the Multidisciplinary Oceanographic Expedition Team of Academia Sinica to Nansha Islands in March to April 1994. The periphytonic protozoan communities were studied quantitatively and qualitatively. The biodiversity indexes (Margalef's index) of the periphytonic protozoan communities were calculated. The indexes are variable from 0.542 to 2.047. The factors may cause the biodiversity differences are discussed in this paper.

Key words: Nansha Islands, coral Reef, Periphytonic protozoans, Biodiversity Influenced by various substracts

南沙群岛海区浮游动物多样性研究

陈清潮　黄良民　尹健强　张谷贤

（中国科学院南海海洋研究所）

提　要

本文根据中国科学院南沙综合科学考察队于1993年5～6月间、1993年11～12月间和1994年3～4月间，由"实验3"号调查船对南沙群岛海区进行综合科学考察所获资料，着重阐述浮动物的种类组成及其多样性特点，浮游动物优势种类的出现频率和优势度，并通过聚类分析对其分布与其环境关系作了探讨。

关键词：南沙群岛、浮游动物、多样性

从1984年以来，中国科学院南沙综合科学考察队执行国家专项对南沙群岛及其邻近海区进行综合科学考察已整整10年了。在浮游动物研究方面，已提供浮游动物生物量，主要类群的分类区系、动物地理、垂直移动、食性和生化组成等有关论文数十篇，初步奠定南沙群岛浮游动物的研究基础。对于近年国际上提出的一些热点，如生物多样性及其永续利用和保护等有关问题，作者开始进行一些探讨，本文是根据近两年调查资料，对浮游动物多样性的研究提供一些结果。

材料与方法

材料来源系1993年5～6月间在北纬9°15′～12°0′，东经112°45′～115°30′南沙群岛北部岛礁间区域；1993年11～12月在北纬5°0′～7°0′，东经108°30′～114°15′纳土纳群岛东北和南康暗沙周围陆架区域；1994年3～4月间在北纬6°50′～9°0′，东经113°0′～116°20′。这三个航次采集站如图1所示。

现场调查采集工具按已公布《海洋调查规范》进行，采用大型浮游动物网（口经80cm，网长270cm，网目15 Ind. /cm）进行浮游动物上层0～200m 采集。样品经福尔马林固定后，运回实验室进行分类鉴定和计数。每个样品如浮游动物数量较少则全部计数，数量较多的样品取1/10计数，并将原样品镜检，以补充1/10取样中遗漏的种类，然后换算为每100m³水体的浮游动物数量（$\times 10^{-2}$ Ind. /m³），以便对各站进行比较。

浮游动物有关参数的统计分析，采用下列公式：

Shannon-Weaver 多样性指数（H'）

$$H' = -\sum^{S} P_i \log_2 P_i \qquad H_{max} = \log_2 S$$

$$(P_i = N_i/N \qquad S = \text{总种数})$$



图1　南沙群岛海区浮游动物调查站位示意图

均匀度(J)

$$J = \frac{H'}{\log_2 S}$$

优势度(Y)

$$Y = \frac{n_i}{N} \cdot f_i$$

n_i——第 i 种的个体数；f_i——该种在各站中出现的频率；N——每个种出现的总个体数。

聚类分析采用相关系数法，取数量多的6～9种浮游动物(主要种类)进行分析，并作出聚类图。数理统计和聚类分析均在微机上完成。

结　　果

1. 浮游动物种类和数量

1993年5～6月间出现最多种类的采集站依次为1、14和9，种数分别为40、39和37(表1)，最少种类的采集站为8、12和3，种数分别为25、26和27。调查海区所有采集站的种数平均为32.5。在这些样品中，桡足类出现种数最多为53种，占45.7%，其次为浮游贝类12种，占10.3%(表2)。浮游动物总数量以10、13和15站为最高，数量分别为1614、1502和1441；总数量最低的出现在12和11站，数量分别为464和604。该航次整个调查海区浮游动物总数量平均为1134，其中1号站桡

足类数量高达870，介形类在10和13站分别为1110和990。

表1　1993年5～6月浮游动物某些参数

站　号	种　类	数量($\times10^{-2}$ Ind./m^3)	多样性指数	最大多样性	均匀度
01	40	1272	4.23	5.32	0.79
03	27	1033	2.90	4.75	0.61
05	30	1232	3.05	4.91	0.62
07	31	1182	3.83	4.95	0.77
08	25	1054	3.30	4.64	0.71
09	37	1115	4.46	5.21	0.86
10	28	1614	2.19	4.81	0.46
11	32	604	4.18	5.00	0.84
12	26	464	4.30	4.70	0.92
13	32	1502	2.55	5.20	0.51
14	39	1123	4.11	5.29	0.78
15	30	1441	3.45	4.91	0.70
19	36	1100	3.90	5.17	0.75
平均		1134	3.57	4.97	0.72

表2　南沙群岛海区浮游动物种类组成

航次 / 种数 / 类群	1993年5月		1993年12月		1994年3月	
	种数	百分率	种数	百分率	种数	百分率
水母类	8	6.9	16	10.6	10	8.8
栉水母类	0	0	1	0.7	0	0
枝角类	1	0.9	0	0	0	0
介形类	8	6.9	14	9.3	7	6.2
桡足类	53	45.7	75	49.7	54	47.8
端足类	10	8.6	9	6.0	11	9.7
磷虾类	8	6.9	8	5.3	8	7.1
莹虾类	1	0.9	2	1.3	1	0.9
软体动物	12	10.3	7	4.6	7	6.2
多毛类	2	1.7	0	0	1	0.9
毛颚类	7	6.0	8	5.3	7	6.2
被囊类	4	3.4	8	5.3	3	2.7
幼　虫	2	1.7	3	2.0	4	3.5
合　计	116	100	151	100	113	100

1993年11～12月间最多浮游动物种类出现在51、68、61和67采集站，种类分别为58、45和44，最少种类出现在50、55和58采集站，种数分别为21和24，所有采集站种类平均为35.7。桡足

类出现75种，占浮游动物总种数的49.7%；次为水母类16种，占10.6%。浮游动物最高总数量出现在31，55采集站，数量分别为4878和3594；最低总数量出现在70和67采集站，数量分别为1085和1101。所有采集站总数量平均为1933，其中31站桡足类数量高达3760，33和35站的毛颚类数量高达575和475，介形类在54和33站分别高达420和375。

1994年3～4月间，由表4可见，浮游动物最多种类出现在13和6号采集站，种数分别为43和40；最少种类出现在5和7号采集站，种数分别为25和27。全部采集站种类平均数为34.6，桡足类出现的种数最多为54，占浮游动物总种数的47.8%，次为端足类出现11种数，占9.7%。浮游动物最高数量出现在15、13和10号采集站，数量分别为1554、1456和1408；最低总数量出现在6和7号采集站，数量分别为743和784。全部采集站浮游动物总数量平均为1091，其中10号站，桡足类数量最高达1080，15号站浮游介形类高达670，同一站毛颚类也达到260。

2. 浮游动物多样性和均匀度

1993年5～6月间，浮游动物高多样性出现在9、12、1和11号采集站，分别为4.46、4.30、4.23和4.18；高均匀度出现在12、9、11和1号采集站，分别为0.92、0.86、0.84和0.79。浮游动物低多样性出现在10和13采集站，分别为2.19和2.55；低均匀度出现在10和13号采集站，分别为0.46和0.51。由表1表明，该航次浮游动物种类多样性和均匀度的变化都比较大。

1993年11～12月间，浮游动物高多样性出现在72、51和54号采集站，分别为4.28、4.25和4.20；高均匀度出现在56、54和70号采集站，分别为0.84、0.83和0.82。浮游动物低多样性出现在55和58号采集站，分别为2.30和3.17；低均匀度出现在55、67和68号采集站，分别为0.50、0.66和0.67（见表3）。

表3 1993年11～12月浮游动物种类及多样性

站　号	种　类	数量（$\times 10^{-2}$ Ind.　m^3）	多样性指数	最大多样性	均匀度
31	33	4878	3.67	5.04	0.73
33	36	1732	4.06	5.17	0.78
35	32	1658	3.89	5.00	0.78
37	29	1650	3.60	4.86	0.74
51	58	2248	4.25	5.86	0.73
54	34	1816	4.20	5.09	0.83
55	24	3594	2.30	4.58	0.50
56	21	1195	3.71	4.39	0.84
58	24	1940	3.17	4.58	0.69
61	44	1880	4.16	5.46	0.76
63	39	1316	4.12	5.29	0.78
67	44	1082	3.59	5.46	0.66
68	45	1419	3.69	5.49	0.67
70	32	1085	4.10	5.00	0.82
72	41	1503	4.28	5.36	0.81
平均		1933	3.79	5.11	0.74

1994年3～4月间，浮游动物高多样性出现在14和13采集站，分别为4.46和4.45；高均匀度出现在10和13号采集站，分别为0.83和0.82。浮游动物低多样性出现在5和7号采集站，分别为3.03和3.26；低均匀度出现在15和5号采集站，分别为0.63和0.65。(表4)

表4　1994年3～4月浮游动物种类和多样性

站　号	种　类	数量($\times 10^{-2}$ Ind./m^3)	多样性指数	最大多样性	均匀度
05	25	879	3.03	4.64	0.65
06	40	743	4.24	5.32	0.80
07	27	784	3.26	4.75	0.69
08	31	1057	3.49	4.95	0.70
10	38	1408	4.37	5.25	0.83
12	35	1103	4.08	5.13	0.80
13	43	1456	4.45	5.43	0.82
14	37	1139	4.46	5.21	0.80
15	38	1554	3.32	5.25	0.63
16	32	1091	3.94	5.00	0.79
平均		1091	3.86	5.09	0.75

3. 浮游动物优势种

1993年5～6月间浮游动物整个调查均以纳米海萤(*Cypridina nami*)为优势种，如3、5号站约占浮游动物总数量的1/2，又如13号站，该种甚至占浮游动物总数量2/3以上。该种平均个体数为446占浮游动物总数量的39.3%，优势度为0.1365，是该航次数量最多、优势度最大的一种。其余在数量上起作用的还有瘦新哲水蚤(*Neocalanus gracilis*)、瘦乳点水蚤(*Pleuromamma gracilis*)和普通波水蚤(*Undinula vulgaris*)等(见表5)。浮游动物总个数与优势种类数量的关系为：$Z_i = 577.779 + 0,852Cn + 2.365Ng + 1.429Pg + 0.916Uv$ ($n=13, r=0.936$)，式中：Cn 为 *Cypridina nami*，Ng 为 *Neocallanus gracilis*，Pg 为 *Pleuromma gracilis*，Uv 为 *Undinnla vulgaris*。

1993年11～12月间，浮游动物调查区的优势种是由蓬松椭萤(*Paravargula hirsuta*)、狭额真刺水蚤(*Eucalanus subtenuis*)、精致真刺水蚤(*Euchaeta concinna*)、海洋真刺水蚤(*Eucharta marina*)、角锚哲水蚤(*Rhincalanus cornutus*)、普通波水蚤(*Undinura vulgaris*)和太平洋箭虫(*Sagitta pacfica*)等所组成。蓬松椭萤的数量大部分出现在150m以浅陆架区，在200m以浅陆架区数量占优势的还有普通哲水蚤、精致真刺水蚤、拟真刺水蚤等为主。在500m以深海区的上层是以狭额真刺水蚤、角锚哲水蚤、瘦乳点水蚤等为主。浮游动物总个数与优势种数量的关系可用下式表示：

$Zi = 1017.17 + 0.896Ph + 1.045Es + 0.840Ec + 1.444Em + 1.608Rc + 0.946Rn + 0.345Uv + 2.883Sp$ ($n=15, r=0.999$) 式中 Ph 为 *Pavavargula hisruta*，Es 为 *Eucalanus subtenuis*，Ec 为 *Euchaeta concinna*，Em 为 *Euchaeta marina*，Rc 为 *Rhincalanus corruun*，Rn 为 *Rhincalanus nasutus*，Uv 为 *Undinula vulgars*，Sp 为 *Sagitta pacifica*。

1994年3～4月间浮游动物调查区的优势种是由蓬松椭萤、小哲水蚤(*Nannocalanus minor*)、瘦乳点水蚤、角锚哲水蚤、普通波水蚤和肥胖箭虫等所组成；主要优势种为蓬松椭萤，

其次是狭额真哲水蚤、普通波水蚤等在上层占有一定数量。浮游动物总个体数与优势种数量的关系式如下：

$Zi=211.248+0.913Rn+3.010Nm+1.362Pg+1.448Rc+3.782Uv+4.247Se$ ($n=10, r=0.992$)，式中 Nm 为 *Nannocalaus minor*，Se 为 *Sagitta enflata*，为其他同前式。

4. 聚类分析

根据各采集站所出现的主要种类数量进行聚类分析，试图对南沙群岛海区浮游动物的区域分布与水团关系作出剖析，结果详见图2～4。

图2系1993年5～6月根据采集站数量占优势的6个种进行聚类分析表明，9和12站可划为一区，其他为另一区；图3系1993年11～12月根据采集站数量占优势的9个种进行聚类分析，在相似度量值为0.3的水平上，可把54、63、70归为Ⅰ区；55和58为Ⅱ区；61和51站为Ⅲ区；其余为Ⅳ区。图4系1994年3～4月根据采集站数量占优势的8个种进行聚类分析，可把5、10、14站划为Ⅰ区；6、7、8、13、15和16站划为Ⅱ区；12号站单独为Ⅲ区。

表5 浮游动物主要种类的数量及优势度

时间	主要种类名称	数量($\times10^{-2}$ Ind.·m^3)	占总数百分比(%)	f_i	Y
1993.5～6	*Cypridina nami*	446	39.3	0.347	0.1365
	Sagitta enflata	64	5.6	0.325	0.0184
	Eucalanus subtenuis	31	2.7	0.347	0.0095
	Pleuromma gracilis	41	3.6	0.232	0.0084
	Neocalanus gracilis	39	3.4	0.201	0.0069
	Undinula vulgaris	34	3.0	0.209	0.0063
1993.11～12	*U. vulgaris*	231	12.0	0.289	0.0345
	S. enflata	177	9.2	0.273	0.0250
	Euchaeta concinna	223	11.5	0.212	0.0245
	Rhincalanus cornutus	151	7.8	0.304	0.0237
	Paravargula hirsuta	135	7.0	0.276	0.0193
	Eucalanus subtenuis	129	6.7	0.193	0.0129
1994.3～4	*Paravargula hirsuta*	247	22.6	0.420	0.0951
	Pleuromma gracilis	76	7.0	0.420	0.0293
	R. cornutus	90	8.2	0.344	0.0284
	S. pacifica	51	4.7	0.300	0.0140
	U. vulgaris	70	6.4	0.214	0.0137
	S. enflata	61	5.6	0.233	0.0130

讨　论

1)1993～1994年三个航次调查表明，在浮游动物种类组成中，1993年和1994年春、夏两次调查，虽然海区地域存在一定差异，但调查季节相近，所得结果如桡足类、端足类、介形类、毛颚类、被囊类、水母类等浮游动物主要类群各自出现的种类和百分率却十分相近。这说明东北季

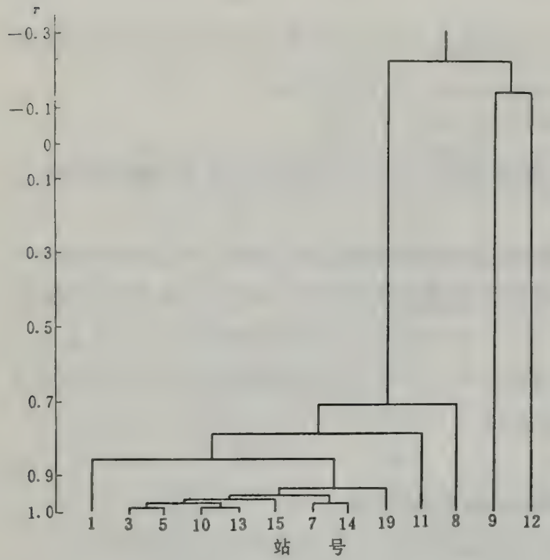


图2 1993年5～6月南沙群岛海区浮游动物聚类谱系图

风期间种类比较稳定，也反映出大洋区200m水的趋同性。而在1993年冬季虽然也属东北季风期，但略与春季不同，即总种数较春夏增加1/3，个别类群如桡足类和介形类种数增加1/2。相应地冬季浮游动物生物量也较显著增加。

2)比较三个航次多样性是以1994年3月为最高($H=3.86$)，相应其间两个航次的优势度较高。关于达到优势度的标准，有的学者以黄、东海为例，认为$Y>0.02$时即可认定为优势种。但根据作者的分析研究，认为热带地区浮游动物优势度应以$Y>0.015$时定为优势种较适宜。如果按黄、东海的标准对南沙群岛海区来说似乎过高，因此暖温带区和热带上层水应有所区别。

3)以优势种为依据，应用聚类方法进行分析，探讨浮游动物的分布区域与水体流场的关系，如1993年12月分析结果表明，

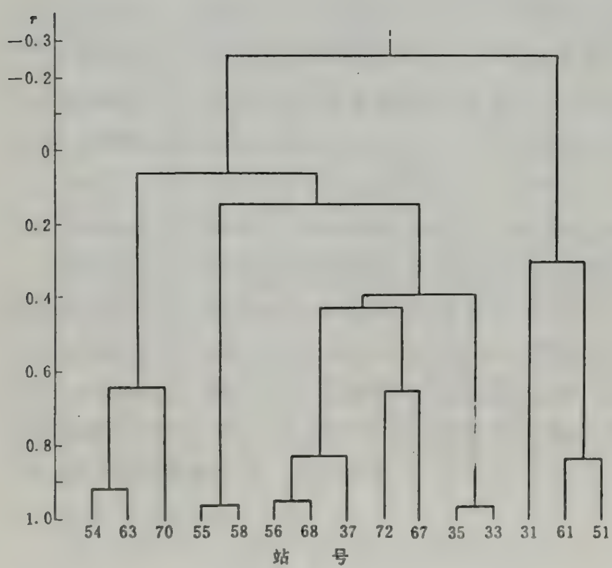


图3 1993年11～12月浮游动物区域分布聚类图

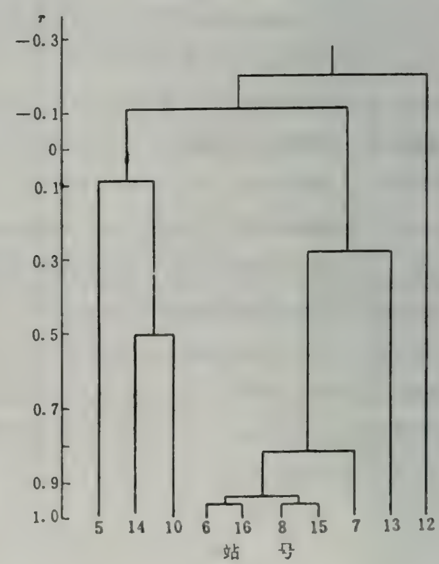


图4 1994年3～4月浮游动物区域分布聚类图

在33、37、55等测站的优势种组成与数量变化较相近，可划为一区，正与上升流区相吻合；又如55、58测站归为一区，该区与大陆架斜坡的流场较近。这一问题尚需继续深入研究。

4)生物多样性指数是指某一区域各种生物个体数量的出现概率之和，主要与数量有关，而

生物多样性特点应与生物种类组成和数量变化有关。为了得出综合反映生物多样性特点的指标，作者提出对多样性阈值的认识，计算阈值的公式如下：

$$D_v = H' \cdot J \quad 或 \quad D_v = (H^2)/\log_2(S)$$

H——多样性指数；J——均匀度；S——生物种类。

根据我们过去的研究资料，拟定热带海区生物多样性阈值范围（表6），由此分析，南沙群岛海区浮游动物多样性阈值，1993年11～12月的阈值范围在1.15～3.49之间；1994年3～4月为1.97～3.65，变化幅度最小。

表6　生物多样性阈值范围

D_v	多样性程度	（类型）
>3.5	多样性非常丰富	（Ⅰ）
2.6～3.5	多样性丰富	（Ⅱ）
1.6～2.5	多样性较好	（Ⅲ）
0.6～1.5	多样性一般	（Ⅳ）
<0.6	多样性差	（Ⅴ）

三个航次的多样性阈值分别平均为2.6、2.8和2.9，属同一类型（Ⅱ），即其多样性的季节差异不大，可认为该海区春、夏和冬季的浮游动物多样性是丰富的，环境相对较稳定。因此，总体来说，南沙群岛海区浮游动物的种群结构没有因环境变化而发生明显差异，但也不排除局部海区和流场存在季节变化，以及浮游动物本身的生态习性和主要种类存在的季节更替。以上初步分析，希望对推动生物多样性研究有所帮助，至于阈值的进一步解释以及阈值范围之界定，尚待今后继续探讨。

参 考 文 献

何德华等，1987。浙江沿岸上升流浮游动物生态研究Ⅱ.浮游动物种类分布与多样度，海洋学报，9(5)：617～626。

陈清潮等，1987。浮游动物种类、数量和生物学。曾母暗沙——中国南疆综合调查研究报告，132～146页，科学出版社。

陈清潮等，1989。浮游动物。南沙群岛及其邻近海区综合调查研究报告（一），659～707页，科学出版社。

STUDIES ON THE ZOOPLANKTONIC BIODIVERSITIES IN THE WATERS AROUND NANSHA ISLANDS

Chen Qingchao, Huang Liangmin, Yin Jianqiang and Zhang Guxian

(South China Sea Institute of Oceanology, Academia Sinica)

ABSTRACT

Based on some samples colleted with three cruises to the Nansha Islands by the Multidisci

plinary Oceanographic Expedition team of the Chinese Academy of Sciences in 1993 and 1994, this paper deals mostly with the characteristics of zooplanktonic biodiversity. The investigation results showed that zooplanktonic biodiversity in Nansha Islands waters are high and dominate species of zooplankton in North-eastern mooson are stable. Through the cluster analyses of major species, the distribution of zooplankton are correlated with water body and it's Controlled area.

Key words: Nansha Islands, Zooplankton, Diversity.

南沙群岛环礁软体动物多样性研究及保护措施

陈锐球

（中国科学院南海海洋研究所）

提　要

1993年5月，中国科学院南沙综合科学考察队对南沙群岛8座环礁进行底栖生物定性、定量采集，获得了一批软体动物标本，经整理鉴定，计有41种，隶属于18个科，26个属，并根据调查情况对岛礁软体动物多样性问题及保护措施作一阐述。

关键词：南沙群岛、环礁、贝类多样性与保护

1993年5月对南沙群岛北部的8座环礁进行了调查，其中，安达礁是首次采集。

本次调查分别在向海坡、礁坪、泻湖3个不同相带进行采集观察，以摸清热带海区礁栖生物的种类组成和地理分布及其演变规律，弄清经济种类的现状、生境、分布、物种丰度和种类个体数目，从而，了解生物群落的稳定程度。以便建立保护措施，以求生物资源种类得以永续利用。

当今，人类正面临着海洋世纪的冲击，随着陆地资源不断枯竭，迫使人们不得不把目光投向占地球总面积约71%的海洋。根据海洋生物学家们的估计，世界海洋中每年约有2亿t可供捕捞的自然的水产生物。海洋药物前景也很广阔，目前，已知有抗癌、镇痛、降压潜力化学物质的海洋生物不下有500多种，但已进行化学、药理试验的只是极少一部分。集沙群海葵毒素(PTX)就是从海洋动物中提取的，是迄今世界上发现最毒的非蛋白质毒素。

最近，海洋科学家们预测在深海底部可能有约100万个未被描述的物种，不容置疑地显示出海洋生物的多样性。

一、软体动物多样性的种类组成

1987年4月至1993年5月，先后5航次对南沙群岛多数环礁进行了调查，分别进行5次底栖生物标本采集，并做了比较，采获软体动物种类数目最多的是1993年5月航次，计有贝类标本18科，26属，41种，其中，有不少是经济种类(图版I)，它们的组成情况如表1所示。

为了对软体动物多样性指数有所了解，在8座环礁做了定量测定工作。在向海坡、礁坪和泻湖3个不同相带各选择有代表性的点，划取1m²的面积，翻开礁石，将软体动物标本采获，直到肉眼不再发现为止，测定结果如表2所示。

由于岛礁软体动物种类少，且个体总数也少，无论怎样测定生物多样性指数亦很低，用Shannon-wiener计算多样性公式测定已没有意义。$H=\sum P_i\log_2 P_i$，原式可变为 $H=3.3219$

$(\log_{10} N - \frac{1}{N}\sum n_i \log_{10} n_i)$。

表 1　南沙群岛北部 8 座环礁软体动物的物种组成和个体数

物种名 ＼ 个体数 ＼ 岛礁名	永暑礁	渚碧礁	南薰礁	东门礁	安达礁	三角礁	美济礁	仙娥礁
※耳鲍　*Haliotis asinina* Linnaeus	1	2	1					
※大马蹄螺　*Trochus niloticus* Koch	2	1	3	2	1		2	2
※塔形马蹄螺　*Trochus pyramis* Born	1		2	1		3	1	
※斑马蹄螺　*Trochus maculatus* Linnaeus	1	2		2				3
※带蝾螺　*Turbo petholatus* Linnaeus		1	1		2			
※银口蝾螺　*Turbo argyrostomas* Linnaeus		1		2			2	2
※金口蝾螺　*Turbo chrysostomus* Linnaeus	1		2	1		1		
结节蟹守螺　*Cerithium nodulosum* Bruguiere	2							1
※篱凤螺　*Strombus luhuanus* Linnaeus	2	1		1	2			
※斑凤螺　*Strombus lentiginosus* Linnaeus	4	3		2	3	2		4
※蜘蛛螺　*Lambis lambis* Linnaeus	2	4		3	2		1	1
※瘤平顶蜘蛛螺　*Lambis truncata* Kiener	3	1		1	1		1	5
※水字螺　*Lambis chiragra* (Linnaeus)	2	2	3	1	2	1	4	2
※梭螺　*Amphiperas ovum* (Linnaeus)	8	1			2			
※虎斑宝贝　*Cypraea tigris* (Linnaeus)	9	2	1	2	2	3		2
※山猫眼宝贝　*Cypraea lynx* (Linnaeus)	2	1					2	1
眼球贝　*Erosaria erosa* (Linnaeus)	1	2		1			1	3
※货贝　*Monetaria moneta* (Linnaeus)	2	1	2		3	1	2	
※环纹货贝　*Monetaria annulus* (Linnaeus)	1	2	1	1				2
波纹嵌线螺　*Cymatium aquatile* (Reeve)	1		2	1			1	
鲈鳍神螺　*Apollon perca* (Pery)		1	1	2				1
※灯蛙螺　*Bursa lampas* (Linnaeus)	1	1			1		2	
核果螺　*Drupa morum* Röding	2	1	3			1		
粒核果螺　*Drupa granulata* (Duclos)	3		2	1	2		1	3
多角荔枝螺　*Thais hippocastanum* (Linnaeus)		2		1			2	
鹧鸪蓝螺　*Nassa francolinus* (Brugu)		1	2			2		1
延管螺　*Magilus antiquus* Montfort	1		1		2			
笔螺　*Mitra mitra* (Linnaeus)	2	3	4	2		1		2
※白纹芋螺　*Conus marmoreus* Linnaeus	2	1	1				2	
※方斑芋螺　*Conus tessulatus* Born	3	2			3	2		1
疣缟芋螺　*Conus lividus* Hwass	1		2	1		1	1	
信号芋螺　*Conus litteratus* Linnaeus	3	1	2		2			2
黄斑笋螺　*Terebra chlorata* Lamarck	2		1		1	2	1	1

续　表

物种名 \ 个体数 \ 岛礁名	永暑礁	渚碧礁	南薰礁	东门礁	安达礁	三角礁	美济礁	仙娥礁
※青蚶　*Arca* (*Barbatia*) *virescens* Reeve	1							
※栉江珧　*Pinna* (*Atrina*) *pectinata* Linne	1							
※旗江珧　*Pinna* (*Atrina*) *vexillum* Born	1							
※紫斑海菊蛤　*Spondylus nicobaricus* Chemnitz	1							
※鳞砗磲　*Tridacna sguamosa* Lamarck	4	3	2	3	2	2	1	3
※砗蠔　*Hippopus hippopus* Linnaeus	2	1	2	1	1	2	3	4
长砗磲　*Tridacna maxima* Rōding	3	2	1	2	3	1	2	3
番红砗磲　*Tridacna crocea* Lamarok	2	1	1	2	1	2	1	1

※　有经济意义的种类。

表 2　南沙群岛北部 8 座环礁软体动物定量测定个体数

物种 \ 个体数 \ 岛名	永暑礁	渚碧礁	南薰礁	东门礁	安达礁	三角礁	美济礁	仙娥礁
眼球贝　*Erosaria erosa* (Linnaeus)	1							
货贝　*Monetaria moneta* (Linnaeus)					1			
带蝶螺　*Turbo petholatus* Linnaeus		1						

全球软体动物已定名的物种约为 5 万种，分布在南沙群岛环礁的约有 180 种。现在，我们采获并已鉴定的有 102 种（各岛礁的物种组成基本相同）。由于采集范围不够广泛，尚有部分礁栖贝类种属迄今未采获，有待于今后继续调查研究。

二、物种分布与生活习性

在调查的 8 座环礁中，全是由珊瑚、贝壳碎屑和珊瑚砂砾所组成，奇特的珊瑚群体和珊瑚礁石形成了大小不等的礁池、溶沟、凹穴，加上温度适宜，给贝类的生存、繁育创造了有利的环境条件。但是，没有一个物种会在基本生境的全部范围内都能出现，而是被限制在该范围的一部分（实际小生境）。由于受物种之间的相互作用影响，各种类有对环境条件的特殊选择。通过观察和胃含物分析，部分软体动物生活习性如表 3 所示。

综上所述，生物多样性是生态系统不可缺少的特性。生态系统中的生物之间，生物与非生物之间的物质循环、能量流动、信息传递，有着相互依赖、相互制约的关系，当生态系统失去某些物种时，就可能导致生态系统的某些失调，甚至破坏整个系统。

表 3　南沙群岛环礁部分软体动物生活习性

物　种	生　活　习　性
蝾螺、马蹄螺	栖息于珊瑚礁底或礁池珊瑚砂中，用齿舌刮取附着礁石上的藻类，喜食石花菜和珊瑚藻
斑凤螺	生活在珊瑚礁间或较平静的礁池中，善于跳跃，能跃过几厘米高的障碍物，贝壳上常长有藻类，不易认出，喜食藻类，但也经常摄食细小的动物
蜘蛛螺、水字螺	常常匍匐在长有藻类的礁池中，以藻类为食，也摄食细小的动物和带有机质的珊瑚砂
梭螺	喜栖于礁斑或礁池边缘的肉芝软珊瑚上，有较强的攀爬能力，喜食扇形柳珊瑚
虎斑宝贝	喜栖于礁石与珊瑚砂嵌接边缘，礁石上或洞穴也有分布。摄食各类附着动物，主要的是水螅，属肉食性种类
灯蛙螺	生活在长有藻类的礁池中，但也经常出现在珊瑚丛里，摄食海胆和海鞘
梯螺、轮螺	喜栖于单体海葵身旁，能抵御海葵刺丝胞的攻击，把吻插入海葵体内吸吮体液
延管螺	生活在珊瑚丛中，打碎石珊瑚后可采到，它们不分昼夜地啃食珊瑚，所到之处，身后留下一行白色的珊瑚骨胳，是珊瑚的天敌
笔螺	几乎在整个珊瑚礁内都有出现，但砂质底的礁池内分布较多，专食蠕虫和双壳类小动物
芋螺	生活在礁池内，礁坪、溶沟也常有发现，是独特的肉食性动物，喜摄食多毛蠕虫类
青蚶、海菊蛤	靠足丝附着在珊瑚礁上，主要分布在向海坡和泻湖坡，礁坪极少见到，通过栉鳃滤食浮游生物
旗江珧	喜栖于有藻类的珊瑚砂中，以足丝固着砂粒上生活，约有$\frac{1}{3}$长度露在外面，以栉鳃滤食浮游动植物
鳞砗磲、砗磲	喜栖于死鹿角珊瑚丛中，周围长有丝状茂密藻类，生活对外套缘色彩与环境相似。伸缩水管边缘长有大量虫黄藻，以便露在光照下进行光合作用，产物可被寄主利用，互为共生。通过栉鳃滤食浮游生物

三、软体动物与岛礁环境

8 座环礁大部分常年被海水淹没，只有渚碧礁、南薰礁和东门礁退潮时礁坪大面积呈斑块状地露出水面。由于长时间受强烈阳光的暴晒，温度骤升，加之海浪的冲击，长棘海星、延管螺的侵食和人为的毁坏，导致了大面积珊瑚死亡。能够生长下来的多以团块石珊瑚为主，但很贫瘠，活珊瑚覆盖率面积只有 20%左右。有不少贝类由于耐受不了这种环境的变化而消亡，只有一些单壳类动物栖息于珊瑚礁石下，如眼球贝、环纹货贝和授贝等，虎斑宝贝也偶有发现。较普遍的是生活在礁石间或镶嵌在礁石内的番红砗磲，生长发育差，个体且小，除此以外，还有一些甲壳类、多毛类隐居穴中，生物资源岌岌可危，呈现出一片“荒凉”景象。

永暑礁、安达礁、三角礁和仙娥礁部分礁斑造礁珊瑚生长良好，藻类和软珊瑚生长繁盛，珊瑚砂粒细小，含有丰富微生物，是底栖贝类良好栖息环境。因此，一些中等类型的贝类如灯蛙螺、蜘蛛螺、水字螺和虎斑宝贝等常常匍匐在礁池珊瑚砂上，潜埋栖息的种类也常有发现。

大多数环礁的向海坡和泻湖坡虽然珊瑚生长良好，但由于地形险峻，风浪较大，单壳类匍匐爬行受到限制，种类分布很少，一些固着生活的双壳类如青蚶、海菊蛤等偶有发现。

四、环礁现状及保护措施

南沙群岛是一个生物多样性高的海区，又是生物多样性受到严重威胁的海区。在已被调查的环礁中，大部分的造礁珊瑚已不同程度地遭受人为的毁坏和肆意采集，致使很多鹿角珊瑚受破坏，开采后的砗磲空壳成堆出现。有不少渔民以捕鱼为名下海"扫荡"有观赏价值的贝壳拿到旅游景点大量出售。一些稀有的种类如唐冠螺、法螺等近年已在南沙群岛消失了，虎斑宝贝、蜘蛛螺、水字螺等已陷入濒危的境地。一个物种的消亡，不仅仅是该物种作为一种生物资源的缺失，更重要的是会对生态系统的结构和功能产生整体的影响，导致生态失去平衡。礁栖生物多样性的存在，有赖于造礁珊瑚的存在，珊瑚种类的盛衰，会带来礁栖动物种类、数量和分布等各方面的变化。因此，就地保护珊瑚是一项急迫的任务。现提出以下建议：

建议一，在南沙群岛建立生物保护区。定期分析和评估生物多样性利用和保护情况，使保护区恢复自然面貌。

建议二，中国政府应建立南沙群岛生物多样性保护与协调小组，对渔民进行保护生物意识教育及宣传活动。

建议三，建立和加强南沙群岛生物圈的保护和科研工作，通过岛礁生物多样性和生物区系的调查，对物种受威胁的现状和发展趋势作出分析，编制生物区系区划图，地理分布图。

建议四，在南沙群岛野外考察、编目、监测以及遥感制图基础上建立数据库网络，为生物多样性保护和持续利用服务。

建议五，建立南沙群岛动、植物标本收藏馆，标本要统一收藏，统一管理。标本积累为研究生物多样性，演变规律提供依据和见证。

建议六，重视和加强分类学、生态学的人才培养。补充科技队伍力量，增加科研经费，深化科研工作。

参考文献

齐钟彦、马绣同、楼子康、张福绥，1983。中国动物图谱，软体动物第二册。科学出版社。

张玺、齐钟彦、马绣同、楼子康等，1964。中国动物图谱，软体动物第一册。科学出版社。

张玺、齐钟彦等，1960。南海的双壳类软体动物，7～69。科学出版社。

张玺、齐钟彦等，1962。中国经济动物志，海产软体动物。科学出版社。

陈灵芝等，1993。中国的生物多样性——现状及其保护对策。科学出版社。

李文军译，1992。生物多样性译丛。中国科学技术出版社。

马克平等译，1992。全球生物多样性策略。中国标准出版社。

曾呈奎，1978。为海洋水产生产服务的海洋生物学。现代科学简介，448 页。科学出版社。

傅天宝、周秋麟、黄宗国译校，1991。香港海岸生态学，191～194。海洋出版社。

Dr. Tadashige Habe, 1972. Shell of the western pacific in color. Vol Ⅱ, Hoikusha publishing Co., LTD.

A. G. Hinton, 1972. Shell of New Guinea and the Central Indo-Pacifi. The Jacaranda press.

A STUDY ON MOLLUSC DIVERSITY AND ITS PROTECTION NEAR THE ATOLLS OF NANSHA ISLANDS

Chen Ruiqiu

(*South China Sea Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

ABSTRACT

This paper is based on the samples and marine biodiversity survey in the waters around Nansha Islands conducted by the Multidisciplinary Oceonograghic Expedition Team of Academia Sinica to Nansha Islands in May 1993. 41 species were collected, belonging to 26 genera in 18 families.

The following topics is presented in the terms of the mollusc biodiversity of the atolls by combining the recent samples and some earlier materials:

1. Species composition of Mollusc;
2. Species distribution and habitats;
3. Environments and biological diversity;
4. The atolls' situation and their protection.

Key words: Nansha Islands, Reef, Mollusc biodiversity and it's protection



1. 瘤平顶蜘蛛螺 *Lambis truncata* (Kiener)；2. 瘤平顶蜘蛛螺幼体；3. 蜘蛛螺 *Lambis lambis* Linnaeus；4. 蜘蛛螺幼体；5. 水字螺 *Limbis chiragra* (Linnaeus)；6. 水字螺幼体；7. [illegible] *Bursa* [illegible] (Linnaeus)；8. 虎斑宝贝 (*Cypraea tigris* Linnaeus；9. 货贝 *Monetaria moneta* (Linnaeus)；10. 山猫眼宝贝 (*Cypraea lynx* (Linnaeus)；11. [illegible] [illegible] (Linnaeus)；12. 篱凤螺 *Strombus luhuanus* Linnaeus；13. 结节蟹守螺 (*Cerithium nodulosum* Bruguiere；14. 金口蝾螺 *Turbo chrysostomus* Linnaeus；15. 白纹芋螺 *Conus marmoreus* Linnaeus；16. 斑褐芋螺 (*Conus* [illegible] Hwass；17. 塔形马蹄螺 *Trochus pyramis* Born；18. 大马蹄螺 *Trochus niloticus* Maximus；19. 青蚶 *Arca virescens* Reeve；20. [illegible]江珧 *Pinna pectinata* Linnaeus；21. 耳鲍 *Haliotis asinina* Linnaeus；22. 旗江珧 *Pinna vexillum* Born；23. [illegible] *Spondylus nicobaricus* Chemnitz.

南沙群岛濒危动物——唐冠螺(*Cassia cornuta* Linne)的保护对策

陈锐球
(中国科学院南海海洋研究所)

提 要

1986～1994 年,中国科学院南沙综合科学考察队先后 7 个航次对南沙群岛岛礁进行调查。采集了大量礁栖生物标本,其中,仅采获 1 个唐冠螺,由此可见,该动物在南沙群岛属珍稀濒危,如不加以保护将会导致在该海区消失的危险。

本文对该动物进行了形态学、生态学、群落结构等叙述,并提出保护浅见。

关键词:南沙群岛、唐冠螺、保护

从 1986 年 4 月开展对南沙群岛半月礁调查以来,作者一直注意到唐冠螺的分布、采集问题。可是,调查队历经 7 个航次,众多的环礁,由礁内到礁外,从浅水到深水(观测 20m 水深清晰可见),不同方位,大范围地进行观测、采集,仅采获 1 个唐冠螺。可见,唐冠螺在南沙群岛已近消失。每次登的礁都有发现刚被人采集过的痕迹,在渔民船舱内也发现了唐冠螺。

唐冠螺以个体大、造型独特、色彩鲜艳而著称,是人们珍视的品种,不但有其经济意义,而且,还有观赏价值。因此,就唐冠螺的保护问题作以下叙述。

唐冠螺的形态特征

唐冠螺隶属冠螺科(Cassididae),冠螺属(*Cassia*),是软体动物中的大型个体(见图 1)。壳质重厚,高达 32cm。内外唇极度扩张如帽缘,体型如唐僧的帽子,故而得名。螺层约 6 层,体螺层宽大,缝合线浅。在体螺层的肩部具有 1 列巨大的角状突起,其下方有 2 列带有突起的粗大螺肋。在螺旋部上还有数条呈弧形的纵肿肋。整个壳面布满大小的螺肋和纵肋,形成格子状雕刻。壳色灰色,壳口狭长,呈红黄色,色彩鲜艳,富有光泽。外唇内侧有 6～7 枚齿,内唇有肋状褶襞。前沟狭窄,前端向背方弯曲。

唐冠螺的生态特征

该动物是一种喜静动物,栖息于底质平整、水流平静、半封闭的礁池或礁斑硬底珊瑚砂上。水深 7～20m。白天常常匍匐在藻类旁边,以藻类尽量隐蔽自己的身体,晚间出来活动,用它强有力的足向前摸索,然后猛烈收缩,使身体向前移动。在礁缘周围觅食海胆,主要摄食身体圆形、颜色漂亮、棘短且细的高腰海胆[*Mespilia globulus* (Linnaeus)],也食大棘一般白色,也有



图 1　唐冠螺(仿张玺)

橙色或黑色颇为美丽的白棘三列海胆[*Tripneustes gratilla* (Linnaeus)]和体小、棘长呈针状、带有毒性的刺冠海胆[*Diadema setosum* (Leske)]等。用足将海胆固定或窒息,把吻插入海胆身体内,有时连壳带棘一起食掉。唐冠螺并非常年进食、生长,其身上肋的位置表明了贝壳的生长在这个时期是处于休息状态;而肋间的位置代表贝壳正在生长的时期。

唐冠螺的群落结构

如果把岛礁一断面划分为若干个群落,那么,唐冠螺当属于珊瑚砂群落的"成员"。在其周围还有许多静水种类伴生着。它们耐受不了波浪的冲击,长期生长在硬底平静的珊瑚砂上,如藻类的齿形蕨藻[*Carlerpa serrulata* (Forssk)]、钙扇藻[*Udotea flabellum* Howe]、相仿仙掌藻(*Halimeda simutans* Howe);软体动物单壳类的蜘蛛螺(*Lambis lambis* Linnaeus)、水字螺[*Lambis chiragra* (Linnaeus)]、灯蛙螺[*Bursa lampas* (Linnaeus)];双壳类的旗江珧(*Pinna vexillum* Born);此外,还有一些潜埋动物,如心形海壶[*Metalia spatagus* (Linnaeus)]是南沙砂栖种类优势种;还有黄斑笋螺(*Terebra chlorata* Lamarck)和肩榧螺[*Oliva emicator* (Meuschen)]。白天,它们喜欢把自己埋入砂中,晚间,出来觅食,白色的珊瑚砂上留下一条条深深的行迹。甲壳动物有硬壳寄居蟹 *Calcinus lateus* Randall,常常寄居在死于珊瑚砂上的笋螺和笔螺空壳里。

唐冠螺的保护对策

对唐冠螺的保护应就地保护。在唐冠螺曾有分布的岛礁中设永暑礁和渚碧礁两个保护点,委托守岛部队执行南沙生物多样性保护任务,严禁一切人员下海采集唐冠螺标本。

根据唐冠螺的生态特征,引种繁殖,进行易地保护。在适当时候从西沙群岛或海南岛引种

到上述保护区，让其自行繁殖。当然，在运输途中要做好一块暂养工作。

参考文献

张玺、齐钟彦等，1962。中国经济动物志——海产软体动物，42。科学出版社。，
张玺、齐钟彦，1961。贝类学纲要，72～80。科学出版社。

THE COUNTERMEASURE FOR THE ENDANGERED *Cassia cornuta* (Linne) IN NANSHA ISLANDS

Chen Ruiqui
(*South China Sea Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

ABSTRACT

The Multidisciplinary Oceanographic Expedition Team of Academia Sinica to the Nansha Islands conducted 7 surveys on various atolls in Nansha Islands from 1986－1994. Among the great quantity of collected specimens, there is only one *Cassia cornuta*. Thus it can be seen that this species is quite few and would be extinguished if no protection is adopted.

This paper describes the morphological, ecological characteristics and group structure of the species, and presents the countermeasure for protection.

Key words: Nansha Islands, *Cassia cornuta*, Protection

南沙群岛北部珊瑚礁蟹类多样性的初步分析

蔡奕雄　杨思谅*　戴爱云
（中国科学院动物研究所）
*（北京自然博物馆）

摘　要

本文对南沙群岛北部海区珊瑚礁蟹类的组成和多样性进行了初步分析。在8个礁的18次采样中，共获蟹类标本874号，计73种，隶于10科42属，以扇蟹科种类占绝对优势。其中，绿蟹亚科的毛壳蟹属 *Pilodius* 和绿蟹属 *Clorodiella* 占较大优势。多样性分析结果表明，各采样点物种丰富度 *S* 值范围15～26，多样性指数 *H'* 值范围为1.8200～2.7940，均匀度 *E* 值0.6181～0.8911。优势种分析表明，占优势的12种仅占种数16.7%，而个体数量达77.2%，各礁和各采样点蟹类组成结果见图1、2。本文分析结果符合 Abele(1974)关于小生境数决定蟹类物种丰富度和在同样的生境蟹类种类组成不受经纬度影响的观点。

关键词：南沙群岛、珊瑚礁、蟹类、多样性

一、前　　言

关于珊瑚礁蟹类生态，前人曾进行过许多有益的探讨，获得一批价值甚高的研究结果，研究工作集中于东太平洋地区和澳大利亚大堡礁地区的共生现象。Abele (1976)，Abele & Patton (1976)，Astin et al. (1980)研究了与珊瑚共生的蟹类的种类组成特点和群落结构。Preston (1971、1973)研究了共生蟹类的种间竞争。Garth (1974)回顾了印度西太平洋地区珊瑚共生蟹类在东太平洋出现的有关报道，并在综合分析的基础上肯定了其由西向东扩散的可能。Lamberts & Garth (1977)报道了蟹类对珊瑚的扩散作用。Peyrot-Clausade (1981a、1981b)将研究转向不太受人注意的珊瑚礁中数量极大的活动型隐居蟹类，进行区系和群落结构的比较，并将研究范围扩大到礁前斜坡，发现礁前斜坡的蟹类数量虽少，但种类更多。我国对南沙群岛蟹类的研究主要集中于分类区系研究，仅戴爱云和徐振雄(1989)报道了南沙群岛海区的种类组成与生境分布和地理分布，但研究对象以外海为主，珊瑚礁种类较少。

1993年5月，中国科学院南沙综合科学考察队考察了南沙群岛北部海域的8个珊瑚礁，并进行了海洋生物的标本采集和观察，共采获各种生境中的蟹类标本874号，获得若干新种和新记录，并积累了一批新的分布资料。本文侧重于被调查岛礁各采样点蟹类的组成及其多样性比较，为珊瑚礁生物群落研究者提供资料，也为今后深入研究不同生境蟹类生态，比较其生物多样性积累数据。有关分类学研究已另作专题报道(戴爱云等，1994)

二、材料与方法

1. 调查地点

永暑礁(9°40′N,112°45′E)南部礁坪两点和礁坪外缘,分别记为永暑礁1、2和3;渚碧礁(10°50′N,113°50′E)礁坪外缘及礁前斜坡和礁坪内分别记为1、2;南薰礁(10°10′N,114°10′E)、东门礁(9°50′N,114°30′E)、安达礁(10°20′N,114°50′E)、三角礁(10°10′N,115°20′E)、美济礁(9°50′N,115°30′)和仙娥礁(9°20′,113°50′)。永暑礁和渚碧礁作为本次调查的重点进行了不同地点的多点采样的分析。

2. 采样方法

根据蟹类栖息特点,适量地将组成礁体(随机获取登礁小艇附近的活珊瑚、死珊瑚、珊瑚基石、珊瑚碎碴和珊瑚藻凝结体等)的珊瑚石搬回调查船中,敲击分检,另外,由调查队生物小组登礁人员潜水搜索捕获。所获标本保存于75%的酒精溶液中,带回室内鉴定分析。采集过程注意了定量的记录,以 $0.008m^3$ 的珊瑚石记为一个采集强度,进行各采样点的礁体的定量比较。

3. 研究方法

在安达礁和东门礁,由于条件所限,采样较少,故在以下分析中不包括在内。

各礁和各采样点的分析研究采用下列公式和指数:

1) 种类丰富度(S):被分析单元的物种数。

2) Shannon-Wiener 多样性指数(H'): $H' = \sum_{i=1}^{S} P_i \ln P_i$

式中,$P_i = n_i/N$,第 i 种个体数在分析单元中所占比例。

3)均匀度(E):$E = H'/H_{max} = H'/\ln S$　　(Pielou, 1985)

4)优势种分析。采用 Sanders 优势度生物学指数(Biological Index of Dominance,缩写为 BID)(孙滨等,1992)判别各采样点和礁体的优势种组成及变化,对每一样品数量上最占优势的10种进行排序,并计算其BID值。

5)各采样点和各礁体之间的蟹类组成比较,以其优势种的比例相似性 PS 来测度,并采用组平均法进行聚类分析。

$$PS = 2\sum_{v=1}^{S} \min[X_{iv}/Z, X_{jv}/Z] \qquad \text{(Pielou, 1985)}$$

X_{iv},X_{jv}—采样点(或礁)i 种和 j 种 v 的个体数。S 是合并两个采样点(或礁)的总数;且 $Z = \sum_{v=1}^{S}(X_{iv} + X_{jv})$。

6)将本次调查对象视为一个整体,以说明本区域蟹类组成的总概况,选出BID累积数最大的12种为本区优势种类,探讨本区蟹类组成特点。

三、结果与分析

1. 蟹类组成

对8个岛礁18次采样结果,共获蟹类标本874号,经鉴定,计73种,隶于10科42属。其中,以扇蟹科的种类占较大优势,有23属49种,占总种数的67%;梭子蟹科次之,共5属8种,

表 1　南沙群岛北部珊瑚礁蟹类名录及分布

蟹类名录 ＼ 个体数 ＼ 采集强度	合计 66	永暑礁 19	礁坪内 6	礁坪内 5	礁坪缘 8	渚碧礁 6	礁外缘 2	礁坪内 4	南薰礁 2	东门礁 1	安达礁 1	三角礁 4	美济礁 4	仙娥礁 5
合　　计	874	470	109	121	240	136	36	100	55	5	2	60	73	73
贝绵蟹科　Dynomenidae	3													
中华贝绵蟹　*Dynomene sinensis* Chen，1979	2					1		1					1	
刺贝绵蟹　*Dynomene spinosa* Rathbun，1911	1	1	1											
玉蟹科　Leucosiidae	3													
美丽核果蟹　*Nucia speciosa* Dana，1852	2	1			1							1		
＊宽卷壳蟹　*Tlos latus* Borradaile，1903	1	1		1										
蜘蛛蟹科　Majidae	46													
单角蟹　*Menethius monoceros* (Latreille，1852)	18								5				4	9
△南沙瘤结蟹　*Tylocarcinus nashaensis* Dai，Yang et Cai，1994	15	4			4	3		3	1	1			6	
△美济瘤结蟹　*Tylocarcinus meijiensis* Dai，Yang et Cai，1994	5	1		1					1				3	
△光闱蟹　*Perinia laevisima* Yang Dai，et Cai，1994	8	3	3						3				2	
窄小井额蟹　*Tiarinia angusta* Dana，1852	1												1	
菱蟹科　Parthenopidae	2													
可爱菱蟹　*Parthenope* (*Pseudolambrus*) *erosa* (Miers，1879)	1					1		1						
锐齿食菱蟹　*Doldorfla acuta* (Klunziuger，1906)	1					1		1						
近圆蟹科　Atelecyclidae	1													
△永暑克劳蟹　*Kraussia yongshensis* Dai，Yang et Cai，1994	1	1	1											
梭子蟹科　Portunidae	18													
细足钝额蟹　*Carupa tenuipes* Dana，1851	3	1			1				1			1		
光滑尖指蟹　*Caphyra laevis* (A. Milne-Edwards，1869)	1	1	1											
紫斑光背蟹　*Lissocarcinus orbicularis* Dana，1852	10					10	10							
钝齿短桨蟹　*Thalamita crenate* (Latreille，1829)	1									1				
蓝足短桨蟹　*Thalamita coeruleipes* (Jacquinotetac，1853)	1	1			1									
＊葛罗里短桨蟹　*Thalamita gloriensis* Crosier，1962	1								1					
＊华克短桨蟹　*Thalamita wakensis* Edmondson，1925	1								1					
四齿仿短桨蟹　*Thalamitoides quadridens* (A. Milne-Edw，1869)	1					1	1							
扇蟹科　Xanthidae	773													
隆背瓢蟹　*Carpilius convexus* (Farskål，1775)	2								1					1
美丽花瓣蟹　*Liomera bella* (Dana，1852)	40	24	1	9	14	5	1	4				1	2	8

续 表

蟹类名录 \ 采集强度 \ 个体数	合计 66	永暑礁 19	礁坪内 6	礁坪内 5	礁坪缘 8	渚碧礁 6	礁外缘 2	礁坪内 4	南薰礁 2	东门礁 1	安达礁 1	三角礁 4	美济礁 4	仙娥礁 5
斯氏花瓣蟹 *Liomera stimpsoni* (A. Milne-Edwards, 1865)	1					1		1						
高山花瓣蟹 *Liomera monticulosus* (A. Milne-Edwards, 1865)	3	2	1	1		1	1							
光滑花瓣蟹 *Liomera laevis* A. Milne-Edwards, 1873	1	1	1											
铜铸熟若蟹 *Zozymus aeneus* (Linnaeus, 1758)	1					1	1							
半粒扁足蟹 *Platypodia semigranosa* (Heller, 1861)	1	1	1											
花纹爱洁蟹 *Atergatis floridus* (Linnaeus, 1767)	3	2		1	1	1		1						
雕刻真扇蟹 *Euxanthus exsculptus* (Herbst, 1790)	1								1					
细粒近扇蟹 *Xanthias lamarckii* (H. Milne-Edwards, 1834)	2												2	
斑点近扇蟹 *Xanthias punctatus* (H. M. Edwards)	2					1		1		1				
显赫拟扇蟹 *Paraxanthia notatus* (Dana, 1852)	3								3					
华美拟扇蟹 *Paraxanthia elegans* (Stimpson, 1858)	1	1		1										
凹足银杏蟹 *Actaea cavipes* (Dana, 1852)	3	3	3											
小区仿银杏蟹 *Actaeodes areolatus* (Dana, 1852)	1												1	
隆块拟银杏蟹 *Paractaea tumulosa* (Odhner, 1925)	3	1	1			1	1							1
痘粒假花瓣蟹 *Pseudoliomera variolosa* Borradaile, 1903	9	3	1	2		2	1	1				2		2
细肢滑面蟹 *Etisus demani* Odhner, 1925	3	2		1	1	1		1						
齿滑面蟹 *Etisus dentatus* (Herbst, 1758)	1													1
纹毛壳蟹 *Pilodius areolatus* H. Milne-Edwards, 1834	28	21		2	19	3		3	2			1	1	
黑刺毛壳蟹 *Pilodius melanospinis* (Rathbun, 1911)	5					4		4					1	
柔毛毛壳蟹 *Pilodius pubescens* Dana, 1852	156	91	27	32	32	24	5	19	11			7	15	8
刺毛壳蟹 *Pilodius pugil* Dana, 1852	80	59	25	25	9	19		19			1	1		
粗糙毛壳蟹 *Pilodius scabriculus* Dana, 1852	167	124	2	1	121	5	1	4	1	1		15	8	13
密毛瘤蟹 *Tweedieio laysani* Rathbun, 1906	5					2		2		1		1		2
单齿瘤蟹 *Phymodius ungulatus* (H. Milne-Edwards, 1834)	60	23	2	10	11	26		26				1	5	5
毛掌绿蟹 *Chlorodielia barbata* (Borradaile, 1900)	18	12	4	1	7	3	3						2	1
金星绿蟹 *Chlorodielia cytherea* (Dana, 1852)	26	11			11	6		6					3	6
光滑绿蟹 *Chlorodielia laevissima* (Dana, 1852)	35	27	11	15	1	3	3		2			3		
黑指绿蟹 *Chlorodielia nigra* (Forskal, 1775)	1												1	
* 太平洋光腕蟹 *Liocarpilodes armiger pacificus* Balss, 1938	6	3	1	2		1	1				1	1		
* 完整光腕蟹 *Liocarpilodes integerrimus* (Dana, 1852)	4								4					

续 表

采集强度 / 个体数 / 蟹类名录	合计 66	永暑礁 19	礁坪内 6	礁坪内 5	礁坪缘 8	渚碧礁 6	礁外缘 2	礁坪内 4	南薰礁 2	东门礁 1	安达礁 1	三角礁 4	美济礁 4	仙娥礁 5
黑指波纹蟹 *Cymo melanodactylus* Dehaan, 1852	2												2	
平展波纹蟹 *Cymo deplanatus* A, Milne-Edwards, 1873	3	1		1					1					1
巴岛小扇蟹 *Maldivia palmyrensis* Rathbun, 1923	1	1	1											
花纹细螯蟹 *Lybia tessleata* (Latreille, 1812)	4	2	2										2	
纯洁细螯蟹 *Lybia caestifer* (Alcock, 1898)	1	1		1										
毛掌梯形蟹 *Trapezia cymodoce* (Herbst, 1801)	12	4	2	2		1	1		2				5	
细纹梯形蟹 *Trapezia reticulata* (Stimpson, 1858)	6	3		3		1	1		2					
网纹梯形蟹 *Trapezia areolata* Dana, 1852	4	2	1		1								2	
铁锈梯形蟹 *Trapezia ferruginea* Latreille, 1825	2	2		2										
红点梯形蟹 *Trapezia guttata* Ruppell, 1830	2	2	2											
* 光指拟梯形蟹 *Tetralia heterodactyla lissodactyla* Serène et Dat, 1957	1	1	1											
棕拟梯形蟹 *Tetralia heterodactyla fusca* Serène et Dat, 1959	1												1	
* 蓝拟梯形蟹 *Tetralia heterodactyla cyanea* Serène et Dat, 1957	2								2					
* 光洁拟梯形蟹 *Tetralia glaberrima obscura* Patton, 1966	8	7		5	2									1
* 光滑拟梯形蟹 *Tetralia glaberrima laevissima* Stimpon, 1858	7	3		1	2								3	1
* 褐黄拟梯形蟹 *Tetralia glaberrima fulva* Patton, 1966	11	8	7	1										3
广阔疣扇蟹 *Daira perlata* (Herbst, 1790)	38	6	6			3	3		9			20		
长脚蟹科 Goneplacidae	4													
△南沙光螯蟹 *Litocheira nashaensis* Dai, Yang et Cai, 1994	4	1			1	2		2				1		
豆蟹科 Pinnotheridae	1													
棱边蟹 *Xanthasia murigera* White, 1846	1					1	1							
方蟹科 Grapsidae	16													
小厚纹蟹 *Pachygrasus minutus* A. Mile-Edwards, 1873	15								1			4		10
字纹弓蟹 *Vruna litterata* (Fabricius, 1798)	1					1	1							

* 本次调查发现的新记录种

△ 本次调查发现的新种

占 11%；蜘蛛蟹科第三，4 属 5 种，占总种数的 7%；玉蟹科、菱蟹科和方蟹科均为 2 属 2 种，贝绵蟹科 1 属 2 种，占总种数的 2.7%；其余各科均只有 1 种出现，分别为近圆蟹科、长脚蟹科和豆蟹科。数量上，扇蟹科占绝对优势，共 778 个体，占总量的 89%；蜘蛛蟹科次之，47 个，占 5.4%；梭子蟹科 18，占 2.1%；方蟹科 16。占 1.8%；其余各科数量甚少，所占比例分别为长脚蟹科 0.5%，贝绵蟹科和玉蟹科各为 0.3%，菱蟹科 0.2%，近圆蟹科和豆蟹科各为 0.1%，详见附表 1。

2. 优势种

表 2 列出了本次调查各礁优势种中累积 BID 值超 16 的 12 个种个体数及其在各礁中的 BID 值，以表现本地区蟹类组成的总概况。这时既考虑到每一种在各礁上的数量，同时注意了它的空间分布。这 12 个优势种种数上只占总种数的 16.7%，而个体总数达 673，占 77.2%。其中，多数为扇蟹科种类，共有 6 属 10 种，另有蜘蛛蟹科和方蟹科各 1 种。扇蟹中，以毛壳蟹属（*Pilodins*）种类占较大优势，共 4 种，柔毛毛壳蟹（*P. pubescens*）和粗糙毛壳蟹（*P. scabriculus*）位居前两位，个体数量遥遥领先，各次采样中均出现，且都占较大比例；刺毛壳蟹（*P. pugil*）和纹毛壳蟹（*P. areolatus*）分别占第四和第八位。绿蟹属（*Chlorodielia*）次之，有 2 种，光滑绿蟹（*C. laevissima*）和金星绿蟹（*C. cytherea*）分别占第六和第九位。其他各属均只有 1 种，单齿瘤蟹（*Phymodins ungulatus*）占第三位，美丽花瓣蟹（*Liomera bella*）占第五，广阔疣扇蟹（*Daira perlata*）占第七，毛掌梯形蟹（*Trapezia cymodoce*）占第十一，蜘蛛蟹科的单角蟹（*Menaethius monoceros*）和方蟹科的小厚纹蟹（*Pachygrasus minutus*）仅分布于中南部的几个环礁中，分别占全区的第十和第十二位。

表2　优势种在各礁上的排列顺序及其优势度生物学指标 BID

	优势度序号	优势度生物学指数	个体数	出现次数	永暑礁1	永暑礁2	永暑礁3	渚碧礁1	渚碧礁2	南薰礁	三角礁	美济礁	仙娥礁
柔毛毛壳蟹　*Pilodius pubescens*	1	73	156	8	10	10	9	9	9	10	3	10	7
粗糙毛壳蟹　*Pilodius scabrioulus*	2	46	166	8	2	—	10	2	6	—	9	9	10
单齿瘤蟹　*Phymodium ungulatus*	3	40	60	7	2	7	6	—	10	—	4	7	4
刺毛壳蟹　*Pilodius pugil*	4	35	79	5	9	9	4	—	9	—	4	—	—
美丽花瓣蟹　*Liomera bella*	5	31	40	7	—	6	7	2	6	—	4	1	7
光滑绿蟹　*Chlorodielia laevissima*	6	26	35	5	8	8	—	6	—	4	6	—	—
广阔疣扇蟹　*Daira perlata*	7	25	38	3	6	—	—	6	—	9	10	—	—
纹毛壳蟹　*Pilodius areolatus*	8	22	28	6	—	3	8	—	3	4	4	—	—
金星绿蟹　*Chlorodielia cytherea*	9	22	26	4	—	—	6	—	7	—	—	4	5
单角蟹　*Menaethius monoceros*	10	21	18	3	—	—	—	—	—	8	—	5	8
毛掌梯形蟹　*Trapezia cymodoce*	11	16	12	4	2	3	—	2	—	4	—	7	—
小厚纹蟹　*Pachygrasus minutus*	12	16	15	3	—	—	—	—	—	—	7	—	9

3. 多样性分析

将南沙群岛北部6个岛礁各采样地点蟹类的个体密度 D，物种丰富度 S，物种多样性指数 H'，均匀度 E 测算结果列表如下：(表3)

表3　南沙群岛北部珊瑚礁蟹类密度 D、种类丰富度 S、物种多样性指数 H'、均匀度 E 和生态优势度 C

	合计	永暑礁	永暑礁1	永暑礁2	永暑礁3	渚碧礁	渚碧礁1	渚碧礁2	南薰礁	三角礁	美济礁	仙娥礁
个体密度 D	13	25	18	24	30	27	18	25	23	15	18	18
丰富度 S 排　序	73	44	26 1	24 2	19 5	32	17 6	19 5	21 4	15 7	23 3	17 6
多样性指数 H' 排　序	3.0216	2.5615	2.4962 3	2.3737 6	1.8200 9	2.7584	2.4457 5	2.2717 7	2.6752 2	2.0213 8	2.7940 1	2.4510 4
均匀度 E 排　序	0.7065	0.6769	0.7662 6	0.7469 7	0.6181 8	0.7959	0.8632 4	0.7715 5	0.8787 2	0.7469 7	0.8911 1	0.8651 3

由表3可见，位于调查海区南部环礁美济礁、南薰礁和仙娥礁的多样性程度较高，北部环礁渚碧礁和南部半封闭的永暑礁次之，中部的环礁三角礁最低；没有明显的南北变化趋势。但从已进行多次采样的两个礁的分析表明，同一礁体中，礁坪内的种类较多，组成较为多样。以永暑礁为例，礁坪内2次的采集结果均发现，其间生活的珊瑚、海绵等发育良好，海洋生物种类较多，蟹类的种类和多样性分析结果也表明其较为多样。不同礁体的比较结果，半封闭环礁具有相对的多样性。以上两个初步结果都可从其具有相对稳定且有利于喜礁生物生长的物理海洋条件得到解释。半封闭性的礁坪内和环礁内缘的水流平缓，温度相对地高而稳定，利于多种珊瑚及其他造礁生物的生长，为蟹类提供了较为多样的生活环境和空间。而礁前斜坡和礁坪外缘地区，受波浪冲击作用影响，水流较急，且常有由较深水域涌上的低温上升流，导致该地区物理海洋环境不稳定。造礁生物难以在此生长发育，聚集于此的喜礁生物种类较少，但少数能适应的蟹类却由此获得更为广阔的生活空间，生存了更多的个体，使该地区密度增加，成为具有较大生态优势度的优势种，如永暑礁坪外缘和三角礁外缘的粗糙毛壳蟹，分别占采样地区个体数的1/2和1/4。种类均匀度 E 说明各蟹类组成比例的均匀程度，具有与多样性相近似的变化趋势，测定结果表明同一礁体的不同采样点中并无明显差异，这是否可说明同一礁体中不同地点各物种个体间的相对量较稳定，多样性的差异主要由于物种数量的不同，而物种数的不同正是小生境的差异的反映。

4. 各岛礁和各采样点蟹类组成比较

根据各礁及各采样点上蟹类组成，以优势种的比例相似系统测算各礁体和各采样点蟹类组成的相似矩阵，采用组平均法聚类成图1，图2(注：相异系灵敏为相似系数之补数)。

由图1可见，6个岛礁中，美济礁与仙娥礁组成最为接近，在相似系数0.4380的水平上可将其合为一体。南薰礁与三角礁随后于相似系数0.3828处相聚。永暑礁和渚碧礁与其他各礁的组成差别较大，二者在相似系数0.3210的水平上聚合，在此水平上，其他的4个礁已聚合在一起。永暑礁与渚碧礁之间的组成关系近于各处各自与其他礁体的组成，但相近程度不若其他各礁。这与礁的形态有相对关系，中南部各礁均为封闭或半封闭式的环礁，泻湖发育良好。

将永暑礁的3次采样和渚碧礁的2次采样分别视为独立比较单元进行各采样点的组成比

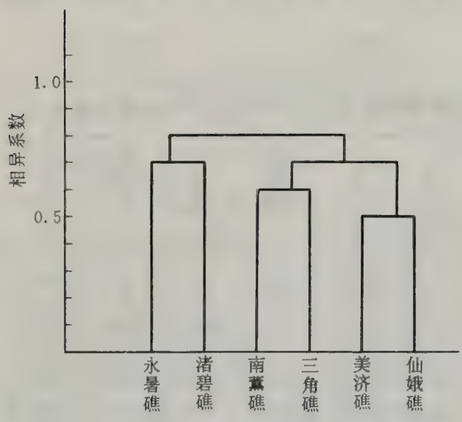


图1 各礁蟹类组成的相似聚类

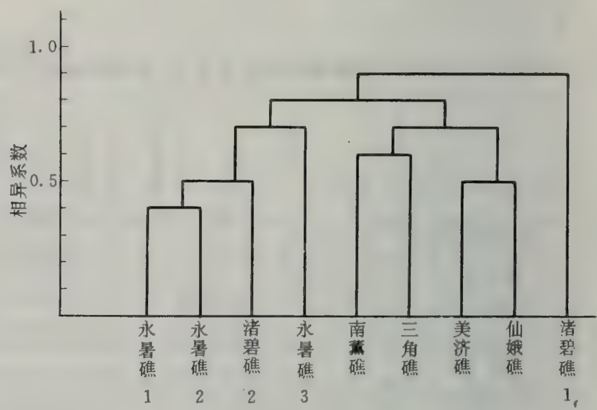


图2 各采样点蟹类组成的相似聚类

较，由图2可见，永暑礁礁坪内南缘两处采样地点不同，但组成上最为相似。渚碧礁的礁坪采样结果也表明其组成与距离甚远的永暑礁礁坪相近，它们之间的相似程度超过中部和南部的各环礁之间的相似程度。相反，永暑礁礁坪外缘和渚碧礁礁前斜坡及礁坪外缘的组成与礁坪中心地区的组成差异较大，二者间更是相差甚远。尤其是渚碧礁1，组成最为特别，在聚类图中游离于其他各礁之外。这意示了珊瑚礁蟹类组成与礁体的形状有关，而不同礁体的礁坪中蟹类组成较其他位置相接近。

四、讨　论

1）生物群落的划分至今未有一个明确统一的标准，但几乎所有的群落研究者都强调其组成的同一性质，即不同采样点组成上的相似性和重复性。在珊瑚礁中，蟹类幼体常常随波逐流而得以传播和扩散到适合其生存的其他礁体中，甚至扩散到大洋彼岸（Garth，1974）。而同一礁中，却常常受不同礁体形态和周围物理海洋环境的影响，在同一礁体中存在着差异明显的小生境，栖息着不同的生物群落。本次调查表明，珊瑚礁礁坪内外和礁坪上中心区域与边缘区域蟹类组成差异明显，将生活其中的生物视为一个群落似有不妥。珊瑚礁的这个特点既不同于露出水面的岛屿，也不同于组成相对均一的海底世界，反而类似于陆地或淡水生境；在一较小的区域内存在完全不同的生境，栖息着不同的生物群落。

2）分析结果证实了 Abele（1974）小生境数量决定十足类种丰富度的观点。海洋蟹类发育经历卵—蚤状幼体—大眼幼体—成体的过程，而每一个阶段又需要3～5次的变态，相对于幼体发育期间发育期间的漂浮扩散而言，南沙群岛可视为一个种质资源库，不同礁体和不同地点具有同样的潜力。不同的珊瑚礁和同一礁体的不同地点小生境的差异决定了种类丰富度，从而影响其多样性的差异。一般礁坪中，发育了较多的造礁生物，小生境多，因此蟹类组成多样。

3）本文进行的初步分析表明，各礁的多样性差异无明显的南北或东西向的变化趋势，意示其与经纬度无关。这一结果同样符合 Abele（1974）的结论。

4）从本次调查获得的优势种组成情况分析，被调查海区的珊瑚礁以主要匿居于珊瑚基底

和死珊瑚的小洞孔的小隙缝中的毛壳蟹属(*Pilodius*)和绿蟹属(*Chlorodielia*)为优势，而与珊瑚共生的梯形蟹属(*Trapezia*)和拟梯形蟹属(*Tetralia*)种类相对较少，这一方面是本地区活珊瑚数量较少的反映。另一方面，在采样过程中发现，*Pilodius* 和 *Chlorodielia* 等绿蟹亚科种类生活空间广阔，可存在于各种不同的小生境中，这说明绿蟹亚科种类与其他种类相比在本地区具有更大的生态优势。

参考文献

孙滨、刘瑞玉、崔玉珩，1992。第三篇　胶州湾的生物环境，第七章　底栖生物，第三节　软体动物数量的季节变化。胶州湾生态学和生物资源(刘瑞玉主编)，238～256。科学出版社。

E. C. 皮洛(Pielou)(卢泽愚译)，1985。数学生态学，406。科学出版社。

陈惠莲、徐振雄，1991。南沙群岛蟹类研究。南沙群岛及其邻近海区海洋生物研究论文集(三)，48～106。海洋出版社。

戴爱云、徐振雄，1991。南沙群岛蟹类的初步研究。南沙群岛及其邻近海区海洋生物研究论文集(三)，1～47。海洋出版社。

戴爱云、徐振雄，1989。南沙群岛及其邻近海区综合调查研究报告(一)下卷，第三部　五、海洋生物，(四)底栖生物——4. 蟹类，759～766。科学出版社。

戴爱云、杨思谅、宋玉枝、陈国孝，1986。中国海洋蟹类，642页。海洋出版社。

戴爱云、杨思谅、蔡奕雄，1994。南沙海域北部岛礁蟹类研究。北京自然博物馆研究报告，第54期(印刷中)。

Abele, L. G., 1974. Species diversity of decapod crustaceas in marine habitate. Ecology 55:156～161.

Abele, L. G. & W. K. Patton, 1976. The size of coral heads and the community biology of associated decapod crustaceans. Journal of Biogeography 3:35～47.

Austin, A. D., S. A. Austin & P. F. Sale, 1980. Community structure of the Fauna associated with the coral *Pocillopora damicornis* (L.) on the Great Barrier Reef. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 31:163～174.

Dai, Aiyun. & Yang, Siliang., 1991. Crabs of the china seas. pp. 1～608. Pl. 1～74. China ocean press, Beijing.

Garth, J. S., 1974. On the occurrence in the eastern tropical Pacific of Indo-West Pacific decapod crustaceans commensal with reef-building corals. Proceeding of the Second International Coral Reef Symposium. 1:397～404.

Lamberts, A. E. & Garth. J. S., 1977. Coral-crab commensalism in xanthids. Pacific Science 31(3):245～247.

Peyrot-Clausade, M., 1981a. Motile cryptofauna of Tulear Great Reef outer slope: brachyura and anomura distribution. Proceeding of the fourth International coral reef symposium, Manila. 2:745～754.

Peyrot-Clausade, M., 1981b. Distribution of the Decapods brachyura and anomura (excluding Paguridae) of the oryptofauna in the reefs near Tulear. Atoll. Res. Bull. 255:101～121.

A PRELIMINARILY ANALYSES ON BIODIVERSITY OF THE CRABS ON CORAL REEFS IN NORTH AREA OF THE NANSHA ISLANDS

Cai Yixiong, Yang Siliang* and Dai Aiyun

(Institute of Zoology, Academia Sinica)

* *(Beijing Natural History Museum)*

ABSTRACT

The present paper deal with the species composition and diversity of the crabs community on

coral reefs in north area of the Nansha Islands, South China sea. The locatioin of the reefs as follow: Youngsu reef(9°40′N, 112°45′E), Zhubi reef(10°50′N, 113°50′E), Nanxun atoll(10°10′N, 114°10′E), Dongmen reef(9°50′N, 114°30′E), Anda reef(10°20′N, 114°50′E), Shanjiao atoll (10°10′N, 115°20′E), Meiji atoll(9°50′N, 115°30′E) and Xiane atoll (9°20′, 113°50′E)。18 samples, with 874 individuals of 73 species were extracted.

A comprehensive species list is provided (tab. 1). The result showed that the index of species diversity H' (after Pielou, 1985) range 1. 8200 to 2. 7940, species richness S range 15 to 26, eveness E (after Pielou, 1985) range 0. 6181 to 0. 8911, and the dominance have been determined by value of BID (after Sun et al. from Sanders). Infauna was dominated by only a few species, 12 species accounting for 77. 2%, Genera *Pilodius*, *Chlorodiella* and others within chlorodinae are most commonly occurrence, especially the genus *Pilodius*, first two dominant species are *P. pubescens* and *P. scabriculus*. the species composition in every sample are comparied after pielou (1985) and show a relationship by two topogram in fig. 1 and fig. 2. Sample from out part of reef plat with lower diversity and those from middle of reef plat with higher diversity, and species composition similar to each other, even in different reef in our study. this result fit well with Abele, s substrates determind hypothesis (Abele, 1974) and Latitude and longitude did not influence number of crabs in present study also fit well with Abele (1974).

Key words: Nansha Islands, Coral reefs, Crabs, Diversity

南沙群岛北部珊瑚礁群落结构中种-多度的关系

傅子琅
(厦门大学海洋系)

提　要

本文以蟹类为例，研究南沙群岛北部珊瑚礁群落结构中种-多度的关系，结果表明：它是符合$W=0.41806$，$k=1.0376$截尾负二项分布，由此，可以估计该区的蟹类物种总数$N^{*}=125$；$k\approx 1$表示罕见物种数多，但个体数少。

关键词：南沙群岛北部珊瑚礁、蟹类、种-多度、截尾负二项分布

1993年5月中国科学院南沙综合考察队对南沙群岛北部(9.5°～11.0°N，112.5°～116.0°E)海域中的永暑礁、渚碧礁、南薰礁、东门礁、安达礁、三角礁、美济礁和仙娥礁8个岛礁，进行了多门类的生物采集。

本文以所采集到的蟹类为例，研究南沙群岛北部珊瑚礁群落结构中种-多度的关系模式，这种模式对检验生物多样性和研究生物多样性的功能都是十分重要的。

一、南沙群岛北部珊瑚礁群落结构中种-多度曲线

蟹类的标本采集首先是从各岛礁，随机地把一定量的珊瑚石搬回调查船上，敲击分检。本航次共获蟹类标本868号，然后进行鉴定，得到73种，隶属于10科(蔡奕雄，1993)。各科种数和各物种占有的个体数见表1。

表1　南沙群岛北部珊瑚礁蟹类种数和个体数

科	种数	个体数	科	种数	个体数	科	种数	个体数
贝锦蟹科	2	2	扇蟹科		1	扇蟹科		35
		1			1			1
玉蟹科	2	2			1			5
		1			1			4
蜘蛛蟹科	5	18			3			2
		14			1			3
		5			2			1
		8			1			4

续 表

科	种数	个体数	科	种数	个体数	科	种数	个体数
		1			3			1
菱蟹科	2	1			1			12
		1			3			6
近圆蟹科	1	1			1			4
梭子蟹科	8	3			3			2
		1			9			1
		10			3			1
		1			1			2
		1			28			8
		1			5			7
		1			156			11
		1			79			38
扇蟹科	49	2			166	长脚蟹科	1	4
		40			5	豆蟹科	1	1
					60			
		1			18	方蟹科	2	15
		3			26			1

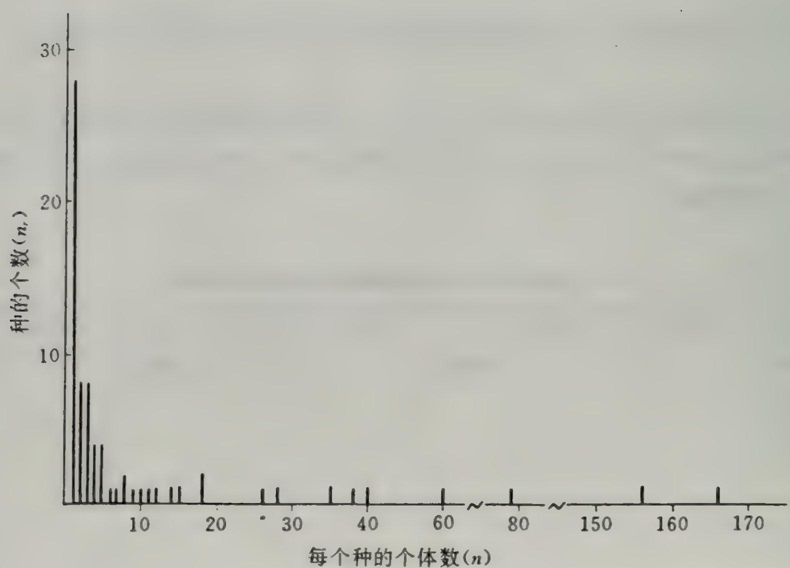


图1 种-多度曲线

图1表示868个个体含有73个种蟹类集合中具有1，2，3…个个体的种数。从图中可以看出：南沙群岛北部珊瑚礁群落结构中，蟹类种的个体数变化很大，有的种数量很多，而常见，其中有

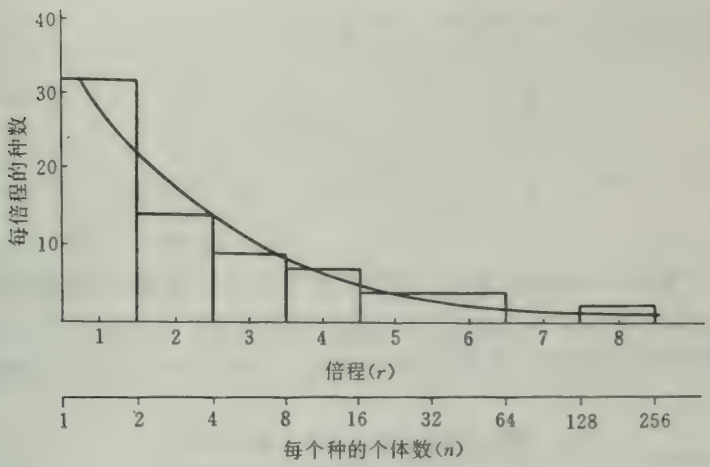


图2 用倍程表示的种-多度曲线

2个种点个体数322个；有的种数少而罕见，其中有28个种仅各采集到1个个体。

图2是用倍程表示的蟹类集合中种-多度曲线。这是采用倍程分组个体数和物种的办法，即：让每一个倍程的中点的个体数等于前一组中个体数的2倍。取 $r=2^X(X=0,1,2,\cdots,8)$，依次作出组的边界。如果其中某一个种的个体数恰好落在边界上，则将一半的物种分配到倍程 $(2^{X-1},2^X)$ 内，另一半物种数分配到倍程 $(2^X,2^{X+1})$ 内。按以上办法，绘出蟹类集合中物种和个体数的直方图，并依照直方图的趋势绘出种-多度曲线。

从图2中可以看出：位于分布曲线右边的物种个体数多而分布广，但属于这样的物种很少；位于分布曲线左边的物种个体数量少而分布范围小，但属于这样的物种很多。

二、种-多度关系

研究种-多度关系的目的，主要是找出符合来自大多数观测集合，一个只含有二三个参数的概率分布形式，这样，就可能揭示参数值和所研究群落物种之间的相互关系。在分析南沙群岛北部珊瑚礁的蟹类集合中物种和个体的关系时，我们注意到：① 在采样时，蟹类主要穴居於珊瑚石的洞穴和珊瑚丛中，洞穴和珊瑚丛以外很少发现，因此，就珊瑚礁礁坪的格局而言，蟹可利用的空间是离散的。② 从上面蟹类集合中的种-多度曲线来看变异很大，而且曲线中没有峰值，甚至以倍程表示的种-多度曲线，也没峰值。③ 即使在看起来十分一致的栖息环境，也会无意间取出一些没有蟹类个体的珊瑚石（称零样方）。基于上述理由，我们选用可以广泛地用于变异太大（用普阿松、奈曼 A 型等分布不能拟合），而且可排除零样方所传递的信息的截尾负二项分布（M. R. Sampford，1955）。

在截尾负二项分布中，一个倍程 r 中有 n_r 个物种的概率。

$$P(r)=\frac{W^K}{1-W^K}\cdot\frac{\Gamma(k+r)}{r!\Gamma(k)}\cdot\eta^r \qquad (r=1,2,3\cdots) \tag{1}$$

其中，$\eta=1-W$

由如下公式估计截尾负二项分布参数 $\hat{W}$ 和 $\hat{k}$(W. Brass 1958)。

$$\hat{W}=\frac{\overline{X}}{S^2}(1-\frac{n_1}{N}) \qquad (1>\hat{W}>0)$$

$$\hat{k}=(\hat{W}\overline{X}-\frac{n_1}{N})/(1-\hat{W}) \qquad (\hat{k}>0) \qquad (2)$$

式中 $\overline{X}$ 和 S^2分别是以倍程表示截尾分布的均值和方差，n_1为第一倍程的种数；N 为样品集合中的总种数。

从蟹类样品集合中的均值和方差表2中得知：$\overline{X}=2.49290$；$S^2=3.34910$；$n_1=32$，$N=73$。

表2 蟹类样品集合中的均值 $\overline{X}$ 和方差 S^2

个体数 n	倍程 r	倍程种数 n_r	倍程种数频率 P_r	$\overline{X}=\sum_{r=1}^{8}n_rP_r$	$S^2=\sum_{r=1}^{8}(r-\bar{x})^2P_r$
1～2	1	32	0.43836	0.43836	0.97760
2～4	2	14	0.19178	0.38356	0.04659
4～8	3	9	0.12319	0.36987	0.03170
8～16	4	7	0.09589	0.38356	0.21780
16～32	5	4	0.05479	0.27395	0.34439
32～64	6	4	0.05479	0.32874	0.67390
64～128	7	1	0.01370	0.09590	0.22705
128～256	8	2	0.02737	0.21896	0.83008
合计		73		$\overline{X}=2.49290$	$S^2=3.34911$

由公式(2)计算 $\hat{W}$ 和 $\hat{k}$ 的值：

$$\hat{W}=\frac{2.49290}{3.34910}(1-\frac{32}{73})=0.41806$$

$$\hat{k}=(0.41806\times 2.49290-\frac{32}{73})/(1-0.41896)=1.0376$$

所求出 $\hat{W}$ 值满足($1>\hat{W}>0$)；$\hat{k}$ 值满足 $\hat{k}>0$的要求。

下面我们进一步检验由所求 $\hat{W}$ 和 $\hat{k}$ 参数值的截尾负二项分布与所观测资料的符合程度。

从截尾负二项分布公式(1)可以推出对于每 r 倍程理论概率用物种表示的递推公式：

$$C_1=[\hat{W}^{\hat{k}}/(1-\hat{W}^{\hat{k}}]\cdot\hat{k}\cdot\eta\cdot N$$

$$C_{r+1}=C_r[(\hat{k}+r)/(r+1)]\cdot\eta \qquad r=(1,2,3,\cdots) \qquad (3)$$

计算理想概率 C_r，并进行 ψ^2检验见表3。

表3　拟合程度检验

倍程(r)	1	2	3	4	5	6	7	8
样品集合种数 n_r	32	14	9	7	4	4	1	2
物种数表示理论概率 C_r	30.95	18.34	10.80	6.58	3.86	2.32	1.43	0.86

$$\psi^2=\sum_{r=1}^{8}(n_r-C_r)/C_r=4.291$$

由于 $\psi^2_{0.05}=7.815$，　　则 $\psi^2_{0.05}>\psi^2$

　　(3)　　　　　　　　(3)

因此，我们认为南沙群岛北部珊瑚礁群落结构中，蟹类种-多度关系是符合 $\hat{W}=0.41806$，$\hat{k}=1.0376$截尾负二项分布。

三、讨　　论

1)对于截尾负二项分布分布来说，参数 k 值是集聚的度量。当 $k>1$时，可以得到中等多度的物种将较罕见物种普遍；当 $k\leq1$时，罕见物种最多。在蟹类种-多度与截尾负二项的拟合时，我们得出 $k\approx1$，那末，以 r 倍程为单位的种频率是以 $P_1>P_2>\cdots$的方式单调减少，即，物种数将随倍程的增加而单调减少。因此，可以断定南沙群岛北部珊瑚礁蟹类以罕见物种为多。

2)用截尾负二项分布拟合种-多度观察数据时，能够从所观察到的种数 N 去估计集合总种数 N^*：

$$N^*=\frac{N}{1-W^k}=\frac{73}{1-0.41806^{1.0376}}=125(\text{种})$$

由此，我们可以估计南沙群岛北部珊瑚礁礁坪蟹类的物种数在125种以上。

3)由于所采集的蟹类样品主要来自南沙群岛北部珊瑚礁礁坪，其模式代表礁坪蟹类种-多度的分布。相同的种-多度模式能否推广到整个南沙群岛珊瑚礁以及是否适合其他生物的门类，还需要进一步加以研究。

参 考 文 献

中国科学院生物多样性委员会。1992。生物多样性译丛(一)，219～225 中国科学技术社。

蔡奕雄。南沙北部珊瑚礁蟹类多样性的初步分析　(本书)。

E. C. 皮波(卢泽愚译)，1978。数学生态学引论。科学出版社。

赵志模、周新远，1984。生态学引论。科学技术文献出版社重庆分社。

RELATIONS OF SPECIES-ABUNDENCE AMONG THE COMMUNITY STRUCTURE OF THE CORAL REEFS OF NORTHERN NANSHA ISLANDS

Fu Zilang

(*Department of Oceanography, Xiamen University*)

ABSTRACT

Based on the examples of kinds of crabs, this paper studies the relations of species-abundence among the community structure of coral reef of northern Nansha Islands. The results indicate that the relations accord with the truncated negative binomial distributioin in which $W=0.41806$, $k=1.0376$, it makes it possible to estimate that total number of species of crabs in this area is 125 and that $k\approx 1$ express there are many rare species but few individuals.

Key words: Coral reef of northern Nansha Islands, Crabs, Species-abundence, Truncated negative binomial distribution

南沙群岛一些珊瑚礁鱼类的观察

陈清潮
（中国科学院南海海洋研究所）

提　　要

本文提供 1993～1994 年对南沙群岛一些珊瑚礁鱼类的观察结果。对考察的礁体环境和鱼类种类作了描述，并与以往珊瑚礁鱼类调查作一比较。

关键词：南沙群岛、珊瑚礁、鱼类

生活在南沙群岛珊瑚礁的鱼类，种类繁多，特别是礁坪的鱼类，色泽鲜艳，大部分可供观赏；在向海坡沟槽和泻湖有相当多大型的石斑鱼、鹦嘴鱼等可供食用；还有一些　类、海龙、海马可供医药用途。因此今后对南沙群岛珊瑚礁鱼类的研究、开发和保护是一个重要的课题。本文提供 1993～1994 年在南沙群岛珊瑚礁现场观察鱼类的结果，以供参考。

材料与方法

在珊瑚礁观察鱼类的活动是极为方便的，其有利因素是海水清澈，透明度高，底质系珊瑚块或珊瑚砂不易搅混，只要边游边观察或潜在水中就可以观察到各种鱼类颜色、习性和行为，留下了深刻的印象。然后上船再作详细记录，这两年作者均采用这种方法来进行现场直接观察，其次还依靠考察队员手钓到一些鱼类作为补充记录。此外作者曾试图用流刺网捕捉，但由于珊瑚破损网具严重，很难取得应有效果。虽然还可用毒饵或炸药来获取标本，但这些方法作者没有采用。

结　　果

1. 永暑礁

永暑礁是一个 NE-SW 向纺锤形环礁，这个礁体由一些礁斑围绕而成，在东北和西南的两个礁体稍大。环礁中部泻湖水深 5～10m，泻湖内有数个小礁斑。礁体东南和西北面礁前缘斜坡较陡，沟槽发育良好，着生丰富软珊瑚，生态环境较好，见到有大型鹦嘴鱼（*Scarus* spp.）、刺尾鱼（*Acanthurus* spp.）、唇鱼（*Cheilinus* spp.）、石斑鱼（*Epinephelus* spp.）、副绯鲤（*Parupeneus* spp.）、梅鲷（*Caesio* spp.）、裸颊鲷（*Lethrinus* spp.）。调查船在西南锚地抛锚，两年均见到大群纺锤　（*Elagatis bipinnulatus*）。特别是晚上群体较大，1993 年 5～6 月通过水下电视还见到成群的镰鱼（*Zanclus cornutus*），在软珊瑚丛中翩翩起舞，妙景连生，可能与生殖期有关。1994 年 3 月，调查船在东北锚地抛锚，虽遇大风，但上钩的四带笛鲷（*Lutjanus kasmira*）和金带齿颌鲷

(*Gnathodentex aurolineatus*),为数不少。

在永暑礁人工岛东南礁坪,铺盖着几十公顷面积死鹿角珊瑚碎枝和死珊瑚碎块,涨潮时有雀鲷、蓝子鱼等游入。这片死珊瑚区呈现"荒漠"状态,缺乏生机。在礁坪内缘多珊瑚砂,流颇急,生态条件差,鱼类丰度也低。永暑礁人工岛西北向的礁坪,虽然有不少死珊瑚碎块和死的鹿角珊瑚,但尚有一些礁块生长着滨珊瑚、菊花珊瑚,即使死珊瑚也附着较多的藻类,在一些礁穴有蜂巢石斑鱼(*Epinephelus merra*),成群的方斑海猪鱼(*Halichoeres centiguadrus*)、蓝子鱼(*Siganus* spp)。在礁坪和泻湖边缘礁斑珊瑚丛中有斑氏雀鲷(*Paraglyphidodon behnii*)、真珠雀鲷(*Plectroglyphidodon lacrymatus*)、黑高身雀鲷(*Stegastes nigricans*)、菲律宾雀鲷(*Pomacentrus philippinus*)、斑卡雀鲷(*Pomacentrus bankanensis*)、安邦雀鲷(*Pomacentrus amboinensis*)等多种雀鲷。这些雀鲷大多有地域性,在一定范围内活动。在这些区域内还可见到大小不等、成群的宅泥鱼(*Dascyllus aruanus*)和灰边宅泥鱼(*Dascyllus marginatus*)围绕在较大的蜂巢珊瑚边活动,当受惊时即钻入珊瑚间隙隐蔽。在永暑礁中部灯桩偏东北近泻湖礁块生活的软珊瑚中见到白脊双锯鱼(*Amphiprion sandracinos*)和眼斑双锯鱼(*Amphiprion ocellaris*),见到的蝴蝶鱼类(*Chaetodon* spp.)相对地较少。

2. 华阳礁

华阳礁属尹庆群礁东南面的一个礁体,近东西向呈纺锤形,南北两侧礁前斜坡稍缓,沟槽切割较少,而东西礁前斜坡较陡。南面向海坡的礁坪多珊瑚块,着生短枝鹿角珊瑚、蔷薇珊瑚和杯形珊瑚。向北内礁坪具一 5~6m 浅礁塘,边缘鹿角珊瑚发育较好,有多种雀鲷生活其间,还见到大的滨珊瑚,有栉齿刺尾鱼(*Ctenochaetus striatus*)、成群的刺尾鱼(*Acanthurus* spp.)。其中以双斑刺尾鱼(*Acanthurus nigrofuscus*)占多数,还有颊纹双板盾尾鱼(*Callicanthus lituratus*)。在礁塘中还见到大型黑斑叉鼻鲀(*Arothron nigropunctatus*)。生活在滨珊瑚隙缝的海葵中还有较多的眼斑双锯鱼。在礁塘底层礁隙中还有大型蓑鲉(*Pterois* spp.)、橙带蝴蝶鱼(*Chaetodon ornatissimus*),是较习见的种。

3. 皇路礁

皇路礁发育在近7°N 南沙海槽西南部西坡上部的陆坡台阶上,基座水深1600m,礁顶部近椭圆形,礁坪宽200~300m,南面礁坪近向海坡多乱石块。这个礁特点是石珊瑚生长差,种类少,仅竹节珊瑚在泻湖边缘丛生,特别是内礁坪,各种软珊瑚生长很好,成片铺盖着礁坪。生活于其间的有栉齿刺尾鱼、多种刺尾鱼、各种雀鲷、副鳊(*Paracirrhifes* spp.)、蜂巢石斑鱼、镰鱼(*Zanclus cornutus*)、杂斑狗母鱼(*Synodus variegatus*)、斑鱼九棘鲈(*Cephalophlis argus*)。在泻湖边缘见到大型石斑鱼,鹦嘴鱼、鲀、蝴蝶鱼类种数也较多。泻湖内的礁斑,石珊瑚和软珊瑚生长均稀少。在西面礁坪上多礁石,其间底质多珊瑚砂,但软珊瑚不多,见到多斑拟鲈(*Parapercis polyphthatma*)生活在珊瑚上。

4. 半月礁

半月礁位于南沙海槽西面,它的长轴 NNE,短轴 EW,其东南具一口门,该礁东北礁砰和西南礁坪和西南礁坪较宽达数百米,东面和西南礁坪较窄仅百余米。所有礁坪向海坡都很陡,沟槽相应较少;泻湖深30余米,内多礁斑。在口门北面礁坪上,蔷薇珊瑚、杯状珊瑚发育较好,软珊瑚和竹节珊瑚铺盖礁坪发育较好,附着生活的生物也较丰富,但由于涨落潮流水较急,鱼类种类相应较少。在西南礁坪上多礁石,石珊瑚生长也较好,生活期间的蜂巢石斑鱼、刺尾鱼、各种雀鲷、豆娘鱼和蝴蝶鱼类也较丰富。在泻湖坡可见到成群的颊纹双板盾尾鱼,还有单个圆斑拟鳞鲀(*Balistoides conspicillum*),首次见到美丽的长鳍笛鲷(*Symphorus spilurus*),鹦嘴鱼、海猪

鱼也占多数。在西面礁坪上，生境较差，石块和大礁块相当多，较多丝状海藻附生在死珊瑚骨骼上，并有成群海猪鱼、刺尾鱼和单个体黑斑叉鼻鲀、新月锦鱼（*Thalassoma lunare*）雀鲷相对较少。

5. 信义礁

信义礁是一个呈 NEE 向的封闭型环礁，泻湖浅仅十多米，西部礁坪长而宽，但多珊瑚礁块，活珊瑚较少，仅零星分布。由于水浅，大部分鱼类趁涨潮时游入礁坪，见到有蝴蝶鱼、海猪鱼、豆娘鱼，还有九棘鲈（*Cephalophlis* spp.）、光鳃鱼（*Chromis* spp.）。由于泻湖水浅进入其中的大型鱼类较少，偶而见到大的鹦嘴鱼游入，但在泻湖坡成群幼鱼较多。在南面礁坪向海坡稍陡，沟槽相应发达，珊瑚碎石较多，礁坪内的礁塘习见的有锯鳞鱼（*Myripristis* spp.）、长颏鳂（*Flammoe* spp.）、尖吻棘鳞鳂（*Sargocentron spiniferum*）、海绯鲤（*Parupeneus* spp.）。在鳗草丛中见到斑卡雀鲷（*Pomacentrus bankanensis*）。在北面礁坪上铺盖着成片死亡的鹿角珊瑚，生活期间仅见到各种雀鲷、宅泥鱼，在泻湖斜坡的礁斑边缘有成群刺尾鱼、鲀类和海猪鱼。

6. 仙俄礁

仙俄礁是一个呈 SN 向封闭型环礁，东部的礁坪窄，而北部和东南部的礁坪宽近千米。礁坪向海坡缓降，有发达的沟槽，礁坪向内多礁块，珊瑚较多，其余生活少量石珊瑚。礁坪的泻湖坡明显，多沙质，着生大量鳗草，有蝴蝶鱼、海猪鱼、鲀类、刺尾鱼，各种雀鲷相应较少，泻湖边缘可见大型石斑鱼、鲀、鹦嘴鱼。

7. 仁爱礁

仁爱礁呈南北向伸展，形似竹叶，东部礁坪较窄，但发育不完全，常断开，缺口较多。东北部和西部礁坪较宽近千米。在东北部礁坪珊瑚发育良好，特别是近泻湖礁斑。在西部近口门的礁斑，死亡的珊瑚礁块较多，其上着生较丰富的凹顶藻，仅见零星鹿角珊瑚、蔷薇珊瑚。由于流急，风浪较大，仅见到刺尾鱼、蜂巢石斑鱼、雀鲷、副䲁，还有纵带盾齿鳚（*Aspidontus taeniatus*）和细纹动齿鳚（*Alarios fasciatus*）。在西礁坪外海坡上手钓上较多的有唇鱼（*Cheilinus* spp.）和尾纹九棘鲈（*Cepharophlis urodetus*）。在东部礁坪首先见到彩带刺尾鱼（*Acanthurus lineatus*）。

8. 美济礁

美济礁是一个东西长较大于南北宽，呈椭圆形的环礁，泻湖水深近20m，西和西南礁坪较窄仅数百米，而北面礁坪宽近千米。西面向海坡较陡，沟槽发达，在口门处由于流急只见海猪鱼、刺尾鱼、普提鱼，而雀鲷和蝴蝶鱼较少。习见种还有鳍类。

9. 五方礁

五方礁是由不连续的五方头、五方南、五方尾、五方西和和五方北的礁坪围绕而成，泻湖水深40余米。由于各礁体相距甚远，此次观察鱼类活动仅限于五方北。其礁坪较窄，石珊瑚多，有丰富的凹顶藻。近泻湖多礁斑，其中各种石珊瑚生长繁茂，除蜂巢石斑鱼、雀鲷、刺尾鱼外，蝴蝶鱼的种类也多，镰鱼，还有大型鹦嘴鱼、石斑鱼、海猪鱼、鲀类、横带鹦鲷（*Cheilinus fasciatus*），成群的四带笛鲷，在海葵丛中可见到白条双锯鱼（*Amphiprion frenatus*）。

10. 三角礁

三角礁形似等边三角形，北面长边近东西向，东南面礁前急陂，沟槽切割不深，礁坪宽仅数百米。从西南礁坪走向泻湖，均为死鹿角珊瑚骨胳，凹突不平，多小礁池，在礁穴见到的多数是刺尾鱼、锯鳞鱼。近泻湖的礁斑洞穴有大型鳝类、鹦嘴鱼、海绯鲤、黄带眼棘鲈（*Scolops lineatus*）。

11. 安达礁

安达礁是郑和群礁东北端一个礁体，东北礁坪的向海坡沟槽不陡，多礁石，向内有鹿角珊瑚、滨珊瑚，生有各种雀鲷、刺尾鱼、豆娘鱼和宅泥鱼。向礁塘的滨珊瑚、杯状珊瑚也较多，但鱼类种类和数量偏少。

12. 东门礁

东门礁的礁体较小，礁坪外的向海坡沟槽发育较差，退潮流急、泻湖水浅仅10m左右。从西南礁坪进入泻湖，多死鹿角珊瑚骨胳，在其中生活着雀鲷、蝴蝶鱼、刺尾鱼、海猪鱼较多。泻湖坡平缓，其边缘礁石上石珊瑚生长良好，常见集群的是光鳃鱼、宅泥鱼，泻湖内有石斑鱼、鲀类。

13. 南薰礁

南薰礁位于郑和群礁的西南，礁体小，近椭圆形，北面礁坪的向海坡较缓，具沟槽但发育不完整。礁坪上多碎石，生活较多滨珊瑚，其他石珊瑚较少，生态环境差。该礁几乎成台礁，不过中央浅凹，礁坪上鱼类很少，但在向海坡沟槽有刺尾鱼、鹦嘴鱼、鲀类。在西南礁坪具一高出水面碎珊瑚堆，在浅凹处有较多凹顶藻。

14. 渚碧礁

渚碧礁位于中业群礁西南，是道明群礁西北的一个独立礁体，近似梨形，西南和北面礁坪宽达千余米，礁缘向海坡的沟槽发育，切割较宽，但深度不大，不过延伸较长。泻湖水深达20多米，地形平坦，富含珊瑚砂。北面礁坪覆盖大量死亡鹿角珊瑚遗骸，其间附生着丝状藻类，多雀鲷、海猪鱼、海龙、蜂巢石斑鱼、刺尾鱼。近泻湖边缘泻湖坡不明显，多单体鹿角珊瑚、杯状珊瑚，见到较多的是蝴蝶鱼类、鲀类、锦鱼。在西面礁坪也见到不少死亡鹿角珊瑚和各种藻类，刺尾鱼、光鳃鱼、宅泥鱼以及海猪鱼和刺尾鱼均为习见的种类。

讨　论

1）南沙群岛的珊瑚礁在南沙群岛海区分布很广，由于地处热带，离大陆较远，受海洋污染物质影响较少，水质良好，阳光充足，水温高，形成珊瑚和附礁生物良好生长环境。通过近两年南沙岛礁实地观察，发现不少礁体，如永暑礁西南礁坪、渚碧礁东北礁坪、三角礁的西北礁坪、信义礁的北礁坪等见到一大片一大片的珊瑚死亡，遗留下白骸，究其原因也可能是多方面的。但根据作者观察后的见解，主要是退潮干露，珊瑚出水的时间过长，遭受强日光曝晒时间过久，以致造成大片鹿角珊瑚死亡。这些都是发生在较浅水的礁坪，当然在珊瑚丛中也见到不少长棘海星，但完全由这些敌害引起珊瑚被吞食后死亡，这很难断言。然而观察在泻湖坡、礁斑的珊瑚生长皆正常，深水裸露时间短的环境中珊瑚存活自然会得到保护。

2）从1987年开始，对南沙群岛东北部仙宾礁等10座礁体，利用流刺网、手操网和手钓进行过环礁鱼类调查，鉴定59种。之后，1989年对南沙群岛海区上层和岛礁渔业资源调查时，又对赤瓜礁等9个岛礁的的鱼类采捕，包括礁坪67种和礁前区48种，同种除外总共102种。1993和1994作者观察礁体鱼类共有104种，与1987年调查相同36种，占作者本次观察种类1/3；与1989年调查相同31种，占作者本次观察种类1/3。根据中国科学院南沙综合科学考察队3次在南沙群岛的蓬勃暗沙、仙宾礁、牛车轮礁、仁爱礁、美济礁、仙娥礁、信义礁、海口礁、舰长礁、半月礁、五方礁、三角礁、赤瓜礁、石盘仔、华阳礁、永暑礁、东门礁、安达礁、皇路礁、南薰礁和渚碧礁等21个礁体观察到珊瑚礁鱼类总计195种。当然现在提供这些种数未能全部概括南沙群岛岛礁的鱼类，需要今后进一步深入调查，特别是注意具有观赏、药用和食用鱼类资源的探捕。

3)无论前几年和作者近两年的观察均得出的共识是南沙群岛不论从南到北或者从东到西，对所有礁体来说虽然地理位置上有差异，封闭或半封闭环礁、礁坪的宽窄、泻湖深度等也有不同，但他们的共同特点是礁坪大都坑坑洼洼、高低不平、地形复杂，特别是落潮步履艰难；向海坡陡缓不一，但都是流急浪大，相应在泻湖内的共同点是环境稳定，珊瑚礁各种生物生长繁茂。因此这些礁体的鱼类种类呈现有一个相似性，即雀鲷类、刺尾鱼类、蝴蝶鱼类、鲀类、鳚类、鹦嘴鱼类、隆头鱼类等构成珊瑚礁鱼类群落的主要成分。各个礁体鱼类群落中，通过观察后得出优势种类相似性相一致，各个礁体都以蜂巢石斑鱼、雀鲷、栉齿刺尾鱼、橙带蝴蝶鱼、锯鳞鱼、蓝光鳃鱼、鹦嘴鱼、海猪鱼和鲀类为优势。对一个礁体来说，这些鱼类分布的空间是不同的，如雀鲷类大都出现在礁砰上，有一定活动范围；蝴蝶鱼、鲀类、海猪鱼、绯鲤等都是趁涨潮进入礁坪活动的，落潮即隐蔽在礁塘、窟穴中或退入泻湖；一些大型的石斑鱼、鹦嘴鱼、鲀等通常栖息在泻湖或礁前区沟槽深水区，它们也是趁涨潮进入泻湖和在礁坪上扩大活动范围的。尽管各个礁体鱼类群落相似性较明显，作者也看到由于礁体生态环境存在一定差异，因此也影响栖息鱼类种类和数量的变化。例如，在皇路礁南部的内礁坪和泻湖坡生长的软珊瑚很茂盛，特别是刺尾鱼类和蝴蝶鱼类以及鳚类，从种类和数量都较丰富；在永暑礁东北锚地浅水，金带齿颌鲷和四带笛鲷数量较丰富；又如三角礁礁坪的锯鳞鱼、长颏鳂、蝴蝶鱼类都很丰富，由于环境的差异，显然各个礁体的鱼类组成、数量是有所不同的。

珊瑚礁鱼类名录如下：

海鳝科 Muraenidae

花斑裸胸鳝 *Gymnothorax pictus* (Ahl) ·

密花裸胸鳝 *Gymnothorax thyrsoideus* (Richardson) *

颌针鱼科 Belonidae

黑背圆颌针鱼 *Tylosurus melanotus* (Bleeker) ·

潜鱼科 Carapidae

鹿儿岛潜鱼 *Carapus kagoshimanus* (Steindachner et Doderlein) +

大牙潜鱼 *Carapus homei* (Richardson) + ·

细尾潜鱼 *Carapus parvipinnix* (Kaup) +

鳂科 Holocentridae

红锯鳞鱼 *Myripristis pralinius* Cuvier et Valenciennes ·

白边锯鳞鱼 *Myripristis murdjan* (Forsk ål) + · *

紫红锯鳞鱼 *Myripristis viotaceus* Bleeker ·

白边长颏鳂 *Flammeo opercularis* (Cuvier et Valenciennes) ·

条长颏鳂 *Flammeo sammara* (Forsk ål) + · *

光长颏鳂 *Flammeo argenteus* (Cuvier et Valenciennes) ·

尖吻棘鳞鳂 *Sargocentron spiniferum* (Forsk ål) + ·

斑尾鳂 *Sargocenteron caudimaculatus* (Cuvier et Valenciennes) ·

鮨科 Serranidae

眼斑须鮨 *Pogonoperca ocellatus* Günther ·

线点鳃棘鲈 *Plectropomus oligacanthus* Bleeker ·

侧牙鲈 *Vaaariola louti* (Forsk ål) ·

横带九棘鲈 *Cephalophlis pachycentron* (Cuvier et Valenciennes) ·

尾纹九棘鲈 *Cephalophlis urodelus* (Bloch et Schneider) + ·
红九棘鲈 *Cephalophlis sonnerati* (Cuvier et Valenciennes) ·
六带九棘鲈 *Cephalophlis sexmaculatus* (Rüppell) ·
斑点九棘鲈 *Cephalophlis argus* (Block et Schneider) + · *
白线光腭鲈 *Anyperodon leucogrammicus* (Cuvier et Valenciennes) ·
截尾石斑鱼 *Epinephelus truncatus* Katayama ·
黑边石斑鱼 *Epinephelus fasciatus* (Forsk ål) ·
指印石斑鱼 *Epinephelus megachir* (Richardson) +
花点石斑鱼 *Epinephelus maculatus* (Block) ·
中巨石斑鱼 *Epinephelus tauvina* (Forsk ål) +
蜂巢石斑鱼 *Epinephelus merra* (Block) + · *
斑吻石斑鱼 *Epinephelus spilotoceps* Schulltz +
褐点石斑鱼 *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsk ål) ·

眼棘鲈科 Scolopsidae
栅纹眼棘鲈 *Scolopsis çancellatus* (Cuvier et Valenciennes) + *
双线眼棘鲈 *Scolòpsis bilineatus* (Block) *

鲹科 Carangidae
平线若鲹 *Caranx (Carangoides) ferdau* (Forskål) ·
星点鲹 *Caranx (Caranx) stellatus* Eydoux et Souleyet ·
纺锤鰤 *Elagatis bipinnulatus* (Quoy et Gaimard) · *

鯻科 Theraponidae
红鳞鯻 *Therapon jarbua* (Forsk ål) +

笛鲷科 Lutjanidae
细鳞紫鱼 *Pristipomoides microlepis* (Bleeker) ·
黄尾紫鱼 *Pristipomoides auricilla* (Jordan, Evermannet Tanaka) · *
绿短臂鱼 *Aprion virescens* Cuvier et Valenciennes ·
叉尾鲷 *Aprion furcatus* (Lacépède) ·
若梅鲷 *Paracaesio xanthurus* Bleeker ·
黑鳃笛鲷 *Macolor niger* (Forsk ål) ·
紫红笛鲷 *Lutjanus argentimaculatus* (Forsk ål) ·
画眉笛鲷 *Lutjanus vitta* (Quoy et Gaimard) · *
四带笛鲷 *Lutjanus kasmira* (Forsk ål) · *
单斑笛鲷 *Lutjanus monostigma* (Cuvier et Valenciennes) ·
新月梅鲷 *Caesio lunaris* Cuvier et Valenciennes · *
长鳍笛鲷 *Symphorus spilurus* Günther *

裸颊鲷科 Lethrinidae
丽鳍裸颊鲷 *Lethrinus kallopterus* Bleeker ·
杂色裸颊鲷 *Lethrinus variegatus* Cuvier et Valenciennes ·
红鳍裸颊鲷 *Lethrinus haematopterus* Temminck et Schlegel ·

鲷科 Sparidae

单列齿鲷 *Monotaxis grandoculis* (Forsk ål) ·

锥齿鲷科 Pentapodidae

金带齿颌鲷 *Gnathodentex aurolineatus* (Lacépède) · *

灰裸顶鲷 *Gymnocranius griseus* (Temminck et Schlegel) ·

长尾锥齿鲷 *Pentapus macrures* (Bleeker) ·

羊鱼科 Mullidae

二带副绯鲤 *Parupeneus bifasciatus* (Lacépède) + · *

三带副绯鲤 *Parupeneus trifasciatus* (Lacépède) · *

头带副绯鲤 *Parupeneus chryserdros* (Lacépède) ·

黑斑副绯鲤 *Parupeneus pleurostigma* (Bennett) *

条斑副绯鲤 *Parupeneus barberinus* (Lacépède) *

金带拟羊鱼 *Mulloidichthys auriflamma* (Forskål) ·

斑带拟羊鱼 *Mulloidichthys samoensis* (Günther) + *

蝴蝶鱼科 Chaetodontidae

纹蝴蝶鱼 *Chaetodon strigangulus* Gmelin ·

丝蝴蝶鱼 *Chaetodon auriga* Forskål + · *

黑背蝴蝶鱼 *Chaetodon melanotus* Bloch et Schneider · *

新月蝴蝶鱼 *Chaetodon lunula* (Lacépède) · *

三角蝴蝶鱼 *Chaetodon triangulum* (Cuvier et Valenciennes) + *

镜蝴蝶鱼 *Chaetodon speculum* (Cuvier et Valenciennes) *

三带蝴蝶鱼 *Chaetodon trifaciatus* Mungo et Park *

斜纹蝴蝶鱼 *Chaetodon vagabundus* Linnaeus *

密点蝴蝶鱼 *Chaetodon citrinellus* Cuvier et Valenciennes *

细点蝴蝶鱼 *Chaetodon semeion* Bleeker *

橙带蝴蝶鱼 *Chaetodon ornatissimus* Cuvier et Valenciennes *

粟米斑蝶鱼 *Chaetodon guntheri* Ahl *

格纹蝴蝶鱼 *Chaetodon rafflesi* (Bennett) *

甲棘马夫鱼 *Heniochus chrysostomus* Cuvier *

甲尻鱼 *Pygoplites diacanthus* (Boddaert) *

隆头鱼科 Labridae

斜斑普提鱼 *Bodianus hirsutus* (Lacépède) + · *

星河南鱼 *Anampses twisti* Bleeker ·

鞍斑锦鱼 *Thalassoma hardwixki* (Bennett) +

纵纹锦鱼 *Thalassoma quinquevittatus* Lay et Bennett + ·

黑鳍粗唇鱼 *Hesmigymnus melapterus* (Bloch) ·

缘边海猪鱼 *Halichoeres marginatus* (Cuvier et Valenciennes) ·

三斑海猪鱼 *Halichoeres trimaculatus* (Quoy et Gaminard) *

方斑海猪鱼 *Halichoeres centiquadrus* (Lacépède) + *

杂色尖嘴鱼 *Gomphosus varius* Lacépède *

花尾边鳍鱼 *Novaculichthys taeniourus* (Lacépède) +

尖尾新丝隆头鱼 *Neocirrhilabrus aneitensis* Cheng et Wang ·
暗带离鳍鱼 *Hemiperonotus aneitensis* (Günther) ·
波纹唇鱼 *Cheilinus undulatus* Rüppell + *
三叶唇鱼 *Cheilinus trilobatus* Lacépède · *
横带唇鱼 *Cheilinus fasciatus* (Bloch) + · *
红唇鱼 *Cheilinus rhodochrous* Günther + · *
新月锦鱼 *Thalassoma lunare* (Linnaeus) *
裂唇鱼 *Labroides dimidiatus* (Cuvier et Valenciennes) *
二色裂唇鱼 *Labroides bicolos* Fowler et Bean *
花尾连鳍鱼 *Novaculichthys taeniourus* (Cuvier et Valenciennes) +
舒氏猪齿鱼 *Choerodon schoenlenini* (Cuvier et Valenciennes) *
闪光海猪鱼 *Halichoeres argus* (Block et Schneider) *
方斑海猪鱼 *Halichoeres centiquadrus* (Lacépède) + *

鹦嘴鱼科 Scaridae

条腹鹦嘴鱼 *Scarus aeruginosus* Cuvier et Valenciennes + *
长头鹦嘴鱼 *Scarus longiceps* Cuvier et Valenciennes ·
带尾鹦嘴鱼 *Scarus taeniurus* Cuvier et Valenciennes ·
缘唇鹦嘴鱼 *Scarus forsteri* Cuvier et Valenciennes + · *
灰鹦嘴鱼 *Scarus sordidus* Forsk ål + · *
黄鞍鹦嘴鱼 *Scarus oviceps* Cuvier et Valenciennes ·
黑斑鹦嘴鱼 *Scarus globiceps* Cuvier et Valenciennes ·
张带鹦嘴鱼 *Scarus dimidiatus* Bleeker + · *
横带鹦嘴鱼 *Scarus scaber* Cuvier et Valenciennes + · *
钝头鹦嘴鱼 *Scarops rubroviolaceus* (Bleeker) · *
黑鹦嘴鱼 *Scarus niger* Forsk ål + *

鯩科 Cirrhitidae

金鯩 *Cirrhitichthys aureus* (Temminck et Valenciennes) *
鯩 *Cirrhitus pinnulatus* (Block et Schneider) + · *
副鯩 *Paracirrhites arcatus* (Cuvier et Valenciennes) · *

拟鲈科 Paraperciidae

多斑拟鲈 *Parapercis polyphthalma* (Cuvier) *
四棘拟鲈 *Parapercis quadrispinosus* Weber + · *

雀鲷科 Pomacentridae

蓝光鳃鱼 *Chromis caeruleus* (Cuvier et Valenciennes) · *
魏氏光鳃鱼 *Chromis weberi* Fowler et Bean *
斑鳍光鳃鱼 *Chromis notatus* (Temminck et Schlegel) *
二色光鳃鱼 *Chromis margaritifer* Fowler *
黄鳍雀鲷 *Pomacentrus philippinus* Evermann et Scale · *
黑鳍雀鲷 *Pomacentrus melanopterus* Bleeker ·
黑背雀鲷 *Pomacentrus notophtalmus* Bleeker ·

斑鳍雀鲷 *Pomacentrus dorsalis* Gill ＊

暗色雀鲷 *Pomacentrus niomatus* De Vis ＊

黑边雀鲷 *Pomacentrus jenkinsi* Jordan et Everman ＋ ＊

黄金雀鲷 *Pomacentrus moluccensis* (Bleeker) ＊

安邦雀鲷 *Pomacentrus amboinensis* Bleeker ＊

五带豆娘鱼 *Abudefdu fvaigiensis* (Quoy et Gaimard) ·

白腹豆娘鱼 *Abudefdu leucogaster* (Bleeker) ·

胸带豆娘鱼 *Abudefdu thoracotaeniatus* Fowler et Bean ·

黑豆娘鱼 *Abudefdu melas* (Cuvier et Valenciennes) ·

单斑豆娘鱼 *Abudefdu uniocellatus* (Quoy et Gaimard) ＋ ＊

七纹豆娘鱼 *Abudefdu septemfasciatus* (Cuvier et Valenciennes) ·

密鳃鱼 *Hsemiglyphidodn plagiometopon* (Bleeker) ·

黑斑裸吻雀鲷 *Dischistodus melamotus* ＊

三带双踞鱼 *Amphiprion percula* (Lacépède) ＋ ＊

克氏双踞鱼 *Amphiprion clarkii* (Bennett) ＊

眼斑双踞鱼 *Amphiprion ocellaris* Cuvier ＊

白条双踞鱼 *Amphiprion frematus* Brevoort ＊

宅泥鱼 *Dascyllus aruanus* (Linnaeus) ＋ ＊

三斑宅泥鱼 *Dascyllus trimaculatus* (Rüppell) ＊

灰边宅泥鱼 *Dascyllus marginatus* (Rüppell) ＋ ＊

黑尾宅泥鱼 *Dascyllus melanurus* Bleeker ＊

泪眼棘雀鲷 *Plectriglyphidodon lacrymatus* (Quoy et Gaimard) ＊

黑雀鲷 *Paraglyphidodon melas* (Cuvier) ＊

哲氏锯雀鲷 *Pristotis jerdoni* (Day) ＊

蓝子鱼科 Siganidae

钝吻蓝子鱼 *Siganus rostratus* (Cuvier et Valenciennes) ·

镰鱼科 Zanclidae

镰鱼 *Zanclus cornutus* (Linnaeus) ＋ · ＊

刺尾鱼科 Acanthuridae

栉齿刺尾鱼 *Ctenochaetus striatus* (Quoy et Gaimard) ＋ · ＊

高鳍刺尾鱼 *Zebrasoma viliferum* (Bloch) ·

灰额刺尾鱼 *Acanthurus glaucopareius* Cuvier ＋ · ＊

横带刺尾鱼 *Acanthurus triostegus* (Linnaeus) ＋ · ＊

日本粗皮鲷 *Acanthurus japonicus* (Schmidt) ＊

双斑刺尾鱼 *Acanthurus nigrofuscus* (Forsk ål) ＋ ＊

线纹粗皮鲷 *Acanthurus lineatus* (Linnaeus) ＊

颊纹双板盾尾鱼 *Callicanthus lituratus* (Bloch et Schneider) ＊

丝尾鼻鱼 *Naso vlamingi* (Cuvier et Valenciennes) ·

短吻鼻鱼 *Naso brevirostris* (Cuvier et Valenciennes) · ＊

光头鼻鱼 *Naso lituratus* (Bloch et Schneider) ＊

金枪鱼科 Thunnidae

裸狐鲣 *Gymnosarda unicolor* (Rüppell) ·

鲉科 Scorpaenidae

驼背拟鲉 *Scopaenopsis gibbosa* (Bloch et Schneidaer) ·

棘皮鲉科 Caracanthidae

棘皮鲉 *Caracanthus maculatus* (Gray) +

狗母鱼科 Synodidae

杂斑狗母鱼 *Synodus variegatus* (Lacépède) *

鳚科 Blenniidae

纵带盾齿鳚 *Aspidontus taeniatus* Quoy et Gaimard *

细纹动齿鳚 *Salarias fasciatus* (Bloch) + *

鰕虎鱼科 Gobiidae

红点叶鰕虎鱼 *Gobiodon erthrospilus* Bleeker +

五线叶鰕虎鱼 *Gobiodon quinquwetrigatus* (Cuvier et Valenciennes) +

多线叶鰕虎鱼 *Gobiodon multilineatus* Wu +

黄体叶鰕虎鱼 *Gobiodon okinawae* Sawada Arai et Abe +

纵纹叶鰕虎鱼 *Gobiodon verticalis* Alleyne et Macleay +

圆斑叶鰕虎鱼 *Gobiodon rivulatus* (Rüppell) +

棘头副叶鰕虎鱼 *Paragobiodon echinocephalus* (Rüppell) +

黑副叶鰕虎鱼 *Paragobiodon melanosomus* (Bleeker) +

鳞鲀科 Balistidae

短形挫鳞鲀 *Rhinecanthus rectangulus* (Bloch et Schneider) *

叉斑锉鳞鲀 *Rhinecanthus aculeatus* Linnaeus *

斜带钩鳞鲀 *Balistapus rectangulus* (Bloch et Schneider) + *

波纹钩鳞鲀 *Balistapus undulatus* (Mungo et Park) · *

黄鳍多刺鳞鲀 *Balistapus chrysopterus* Bloch et Schneider ·

凹纹鳞鲀 *Xanthichthys lineopunctatus* (Hollard) ·

黑边角鳞鲀 *Meslichthys vidue* (Solander) ·

红牙鳞鲀 *Odonus niger* (Rüppell) ·

圆斑拟鳞鲀 *Balistoedes conspicillum* (Bloch et Schneider) ·

绿拟鳞鲀 *Balistoedes viridescens* (Bloch et Schneider) ·

缰纹多棘鳞鲀 *Sufflamen fraenatus* (Latreille) ·

黄鳍多棘鳞鲀 *Sufflamen chrysopterus* (Bloch et Schneider) * ·

革鲀科 Aluteridae

拟志革鲀 *Alutera scripta* (Osbeck) + ·

尖吻鲀 *Oxymnacanthus longirostris* (Bloch et Schneider) ·

细斑前孔鲀 *Cantherines pardalis* (Rüppell) +

鲀科 Tetraodontidae

黑斑叉鼻鲀 *Arothron nigropunctatus* (Bloch et Schneider) + · *

箱鲀科 Ostraciidae

米点箱鲀 *Ostracion meleagris* Shaw *

+——1987记录；·——1989记录；*——1993～1994记录。

参考文献

成庆泰等，1987。中国鱼类系统检索。科学出版社。

南海水产研究所等，1979。南海诸岛海域鱼类志。科学出版社。

刘振乡，1977。南沙群岛太平岛之鱼、贝调查报告。中国水产，293期（台湾）。

中国科学院动物研究所等，1962。南海鱼类志。科学出版社。

扬鸿嘉，1961。南沙群岛鱼类之研究。中国水产，98期（台湾）。

黄增岳等，1989。环礁的鱼类。南沙群岛及其邻近海区综合调查研究报告（一）上卷，106～111页 科学出版社。

黄史遥等，1991。1989年南沙群岛渔业调查的鱼类及其分布。南沙群岛及其邻近海区海洋生物研究论文集（二），229～241页。海洋出版社。

阿部宗明，1979。原色鱼类检索图鉴，北隆馆。

OBSERVATION OF FISHES IN SOME CORAL REEFS, NANSHA ISLANDS

Chen Qingchao

(*South China sea Institute of Oceanology*, *Academia Sinica*)

ABSTRACT

This paper is based upon the observation of fishes in some coral reefs, Nansha Islands from 1993 to 1994. The diversity of fishes in coral reefs are as great as in their species. Some small fishes may prefer reef cluster or reef flat, Such as *Dascyllus*, *Pomacentrus*, *Chaetodon* and *Acanthurus* etc. and some large fishes may prefer the margin of lagoon or groove of reef edge, such as *Epinephelus*, *Scarus*, *Lethrinus* and *Balistoedes* etc.

The feeding habits of these fishes are different. Some are specialized or highly adapted to feed on plants, zooplankton or coral. In most species of large fishes are predator. From biological, Ecological or morphological vie shows that are highly diversity of fishes in coral reefs.

Key words: Nansha Islands, Coral reef, Fishes

NATURAL INGESTION RATES OF MARINE CALANOID COPEPODS IN WATERS AROUND THE NANSHA ISLANDS

Wong Chongkim

(*Biology Department, The Chinese University of Hong Kong Shatin, N.T., Hong Kong*)

Chen Qingchao and Huang Liangmin

(*South China Sea Institute of Oceanology Academia Sinica, Guangzhou*)

ABSTRACT

The gut fluorescence method was used to estimate the amount of phytoplankton pigments in the guts of freshly collected calanoid copepods. The study was conducted during December, 1989 and May to June, 1990 in waters around Nansha Islands of the South China Sea. Chlorophyll*a* concentrations within the upper 100m of the water column was low during the study periods. Sixteen calanoid copepod species out of eighteen studied contained high levels of gut content fluorescence. Large species usually showed higher levels of gut content fluorescence than small species. Pronounced diel and spatial variations in gut content fluorescence, and thus feeding intensity, were observed in some species. In species with sufficient data for comparison, gut content fluorescence were higher during the night and evening than during the day. Ingestion rates were calculated from gut pigment contents and gut evacuation rates. Clearance rates were estimated from ingestion rates and ambient chlorophylla concentrations.

Key words: Nansha Islands, Copepods, Gut fluorescence, Ingestion and clearance rates

INTRODUCTION

Plankton biologists have used many different methods to estimate the rate of food intake by herbivorous copepods. One approach is to measure the rate of phytoplankton cell removal by freshly caught animals using electronic particle counters (Richman *et al.*, 1977; Cowles, 1979). Experiments are carried out in the laboratory or on board a research vessel and often involved incubation periods of 12 to 24 hours. As the marine environment is variable and complex, it is difficult to asume that animals captured and confined in artificial conditions will behave in a completely normal way. The potential weakness of laboratory feeding experiments are particularly important when feeding rates obtained under artificial conditions are extrapolated to natural situations.

More recently, a method for measuring the gut content of freshly caughy copepods was introducted by Nemoto (1968) and Mackas and Bohrer (1976). The gut fluorescence method,

based on the use of the photosynthetic pigment chlorophyll*a* and its derivatives as tracer of algal ingestion, has been increasingly applied in recent years by plankton biologists to estimate algal ingestion rates of herbivorous copepods over short time interval in the natural environment (Simard *et al.*, 1985; Batchelder, 1986; Dagg and Walser, 1987; Peterson *et al.*, 1990a; Morales *et al.*, 1991).

The purpose of the present study was to use the gut fluorescence mehtod to estimate the natural feeding rates of marine calanoid copepods in waters around Nansha Islands of the South China Sea. The gut fluorescence method was used to measure gut pigment contents of freshly collected marine calanoid copepods. Natural ingestion rates were calculated from measurements of gut pigment content and gut evacustion rates. Clearance rates were calculated from ingestion rates and ambient chlorophyll*a* concentrations.

MATERIALS AND METHODS

The study was carried out in December 1989, and May and June 1990 in waters around Nansha Islands (approximately 104～117°E, 3～12°N) of the South China Sea. Marine calanoid copepods were collected from within the upper 100m of the water column by making vertical and oblique hauls with a 0.5m diameter conical net of 0.067mm mesh. Captured copepods were immediately frozen (−20°C) in glass culture dishes. Surface water temperature at each sampling station was measured immediately before or after each series of zooplankton sampling. Water samples were taken from down to 100m depth to obtain a depth profile of chlorophyll*a* concentration.

In the laboratory, calanoid copepods were gently washed with filtered (Whatman GF/C) seawater and sorted under a low light dissecting microscope to minimize photodegradation of gut pigments. Sorted animals were stored in glass vials and kept frozen in a dark refrigerator for up to 3 months before being used for analysis of gut content fluorescence.

The mehtod fo Mackas and Bohrer (1976) with some modifcations was used to measure copepod gut content fluorescence. Animals were transferred to small test tubes containing 5 ml of 90% acetone for pigment extraction. Because Simard *et al.* (1985) found no difference between samples ground with a tissue homogenizer and unground samples, samples were not homogenized. Depending on the size and availability of the species, each acetone sample consisted of 5 to 50 animals. All samples were extracted for at least 4 hours in a dark refrigerator. Fluorescence of the acetone extracts before and after acidification with one drop of 5% HCl was measured with a Turner 112 fluorometer equipped with a F4T4BL lamp and Corning 5～60 (excitation) and Corning 2～64 (emission) filters. Chlorophyll*a* and the chlorophyll*a* equivalent weight of phaeopigment were calculated using the equations from Dagg and Wyman (1983). The sum was used as an index of gut pigment level. An important assumption of the gut fluorescence method is that no losses of fluorescence occur as a result of pigment digestion or degradation. Reports on the degree to which chlorophyll*a* is digested and degraded to non-fluorescing molecules are equivocal. While some studies have reported pigment losses of more than 90% (Conover *et al.*,

1986; Lopez *et al.*, 1988), other studies showed negligible levels of pigment losses (Dagg and Walser, 1987; Pasternak and Drits, 1987). We corrected phaeopigment values for pigment destruction using an estimated average loss of 33% (Dam and Peterson, 1988). Gut pigment values were not corrected for background fluorescence. Fluorescence in some samples was nearly undetectable, suggesting that background values in starved animals were very low.

RESULTS AND DISCUSSION

Gut pigment content of calanoid copepods in the wateres around Nansha Islands was studied at 2 sampling stations in December 1989, and at 10 sampling stations in May and June 1990. Maximum depth ranged from 44m at station 63 to 2960m at station 113 (Table 1). Maximum chlorophyll*a* concentrations observed in the upper 100m ranged from 0.72～1.00 mg·m^{-3} during December 1989, and 0.19～0.40 mg·m^{-3} during May and June 1990 (Table 1). At stations with water depth >100m, chlorophyll*a* concentrations within the upper 100m were rather uniform. Surface water temperature was about 20℃ throughout the year.

Table 1 Location, times and dates of collection, maximum depth and chlorophyll*a* concentration at various collection sites

Date	Sampling Site	Time (h)	Water depth (m)	Chl*a* conc (mg·m^{-3})
22.12.1989	76/1 (5°07′N 112°15′E)	2220	110	0.72
23.12.1989	76/2 (5°07′N 112°15′E)	0640	110	0.72
23.12.1989	76/3 (5°07′N 112°15′E)	0950	110	0.72
25.12.1989	82 (4°53′N 113°45′E)	0900	84	1.00
25.5.1990	J7(11°08′N 114°48′E)	0750	72	0.19
26.5.1990	17 (11°10′N 115°25′E)	0340	2870	0.38
29.5.1990	22 (9°40′N 116°00′E)	0530	1900	0.27
31.5.1990	29 (5°59′N 112°31′E)	1940	455	0.29
1.6.1990	34/1 (5°32′N 110°04′E)	2350	151	0.37
2.6.1990	34/2 (5°32′N 110°04′E)	0630	151	0.37
2.6.1990	34/3 (5°32′N 110°04′E)	0730	151	0.37
2.6.1990	34/4 (5°32′N 110°04′E)	1200	151	0.37
2.6.1990	34/5 (5°32′N 110°04′E)	1220	151	0.37
2.6.1990	34/6 (5°32′N 110°04′E)	1725	151	0.37
7.6.1990	54 (6°51′N 107°09′E)	1830	52	0.21
9.6.1990	59 (4°36′N 105°17′E)	0450	72	0.40

(*Continued*)

Date	Sampling Site	Time (h)	Water depth (m)	Chl*a* conc ($mg \cdot m^{-3}$)
9.6.1990	63 (7°10′N 104°14′E)	1740	44	0.25
21.6.1990	102 (12°32′N 111°00′E)	0740	2800	0.31
26.6.1990	113 (10°29′N 113°45′E)	1520	2960	0.27

Waters around Nansha Islands suppport a high diversity of calanoid copepods. Gut pigment content was estimated for a total of 18 species, belonging to 12 genera and 9 families (Table 2). Each value provides an objective estimate of the amount of phytoplankton ingested by the animals in the short time interval before capture. Comparison with literature values is difficult because factors such as time of day (Mackas and Bohrer, 1976; Simard *et al.*, 1985), food size (Conover, 1966, Frost, 1972; Cowles, 1979), food concentration (Mullin, 1963; Frost, 1972); quality of food particles (Donaghay and Small, 1979; Poulet and Marsot, 1978), and feeding history (Runge, 1980) have been known to affect the feeding behavior of calanoid copepods. However, values observed for most species were within the range of those reported by other authors for comparably sized copepods (Mackas and Bohrer, 1976; Dagg and Grill, 1980; Dagg and Wyman, 1983; Peterson *et al.*, 1990a).

Table 2 Body length, gut pigment content (G=ng pigment·copepod^{-1}), ingestion rate (I=ng chlorophyll·copepod^{-1}·h^{-1}) and clearance rate (F=ml·copepod^{-1}·h^{-1}) of calanoid copepods in waters around Nansha Islands. Numbers of samples analyzed for fluorescence are presented in parentheses

	Body Length (mm)	Sampling Site	G	I	F
Family Acartiidae					
Acartia erythraea	1.48	22	0.60(1)	1.26	4.67
		63	0.45(1)	0.95	3.87
Family Calanidae					
Nannocalanus minor	1.78	34/1	2.42(2)	5.08	13.73
		34/2	1.09(1)	2.29	6.19
		34/4	2.99(1)	6.28	16.97
		34/5	0.92(1)	1.93	5.22
		34/6	5.58(1)	11.72	31.67
Neocalanus qracilis	3.08	29	17.37(1)	36.48	125.78
		102	6.21(1)	13.04	35.24
Neocalanus tenuicornis	2.03	34/1	14.99(1)	31.48	85.08
Undinula darwinii	1.98	J7	0.81(1)	1.70	8.95
		34/3	0.98(1)	2.06	5.56

(*Continued*)

	Body Length (mm)	Sampling Site	*G*	*I*	*F*
		113	1.17(1)	2.46	9.10
Undinula vulqaris	2.88	22	2.49(1)	5.23	19.37
		54	1.38(1)	2.90	13.80
		59	5.19(1)	10.90	27.25
		76/1	8.63(7)	18.12	25.17
		76/2	4.34(1)	9.11	12.66
		76/3	2.25(2)	4.73	6.56
		82	2.86(3)	6.00	6.00
		102	2.20(1)	4.62	14.90
Family Centropagidae					
Centropaqes furcatus	1.68	63	2.03(1)	4.26	17.05
		76/1	2.04(2)	4.28	5.95
		82	0.57(3)	1.20	1.20
Family Eucalanidae					
Eucalanus subcrassus	2.25	17	2.54(1)	5.33	14.04
		34/5	2.12(1)	4.45	44.52
		34/6	3.37(2)	7.08	19.13
		54	1.67(1)	3.51	16.70
Eucalanus elongatus	5.38	102	13.57(1)	18.50	91.93
Rhincalanus cornutus	3.00	76/1	2.33(4)	4.89	6.80
		76/2	1.77(1)	3.72	5.16
		76/3	3.95(2)	8.30	11.52
		102	4.45(1)	9.35	30.15
Rhincalanus nasutus	3.63	102	13.38(1)	28.10	90.64
Family Euchaetidae					
Euchaeta marina	3.60	76/1	5.67(3)	11.91	16.54
Euchaeta concinna	2.53	76/1	6.46(1)	13.57	18.54
Family Metridiidae					
Pleuromamma gracilis	1.80	76/1	3.14(1)	6.59	9.16
Pleuromamma abdominalis	2.65	29	11.68(1)	24.53	84.57
Family Pontellidae					
Labidocera euchaeta	2.68	76/1	0.03(1)	0.06	0.09
Family Scolecithricidae					
Scolecithrix danae	2.08	76/1	10.26(3)	21.55	29.93
Family Temoridae					
Temora discaudata	1.87	34/1	2.04(1)	4.28	11.58
		34/6	1.97(1)	4.14	11.18
		76/1	6.28(2)	13.19	18.32
		76/3	0.91(1)	1.91	2.65
		83	1.10(3)	2.31	2.31
		102	1.44(1)	3.02	9.75

Gut pigment ocntent of individual species ranged widely over a 24 h period. For example, gut pigment content of *Nannocalanus minor* at station 34 ranged from 0.92 to 5.58 ng·copepod^{-1} over a period of about 18 hours. The highest value was recorded at 1725 h and the lowest value was obtained at around noon. An equally wide range of gut pigment content was observed for *Temora discaudata* at station 76. Value decreased from 6.28 ng·copepod^{-1} at 2220 h to 0.91 ng·copepod^{-1} at 0950 h. Clearly, some of these variations were the result of diel feeding patterns (Mackas and Bohrer, 1976; Simard *et al.*, 1985).

Gut pigment contents >10 ng·copepod^{-1} were observed in *N. gracilis*, *N. tenuicornis*, *Eucalanus elongatus*, *Rhincalanus nasutus* and *Pleuromamma abdominalis*. Research in the oceanic region of the subarctic Pacific has identified *Neocalanus* species as the grazers responisble for the control of the spring phytoplankton bloom (Miller *et al.*, 1984). *Pleuromamma* has been described as either carnivorous (Parsons and Lalli, 1988) or omnivorous (Williams, 1988). However, high levels of gut pigment hve also been reported in *Pleuromamma* species from the Sargasso Sea (Longhurst *et al.*, 1989) and the north-east Atlantic (Morales *et al.*, 1991). Results of mouthpart examination and laboratory feeding experiments showed that the nature of feeding in the family Pontellidae is primarily carnicvorous (Anraku and Omori, 1963; Mullin, 1966). A very low level of gut pigment was recorded in *Labidocera euchaeta*. Literature information (Anraku and Omori, 1963; Mullin, 1966; Sullivan *et al.*, 1975) suggests that copepods of the families Euchaetidae are known to be primarily predaceous. Indeed, *Euchaeta marina* collected in the Zhujiang River Estuary contained no gut pigment (Wong *et al.*, 1990). Thus, it is somewhat surprising to find that both *E. marina* and *E. concinna* contained >5 ng·copepod^{-1}. Anraku and Omori (1963) suggested that some predaceous copepods may use setae at the base of the second maxillae to capture algae. Alternatively, gut fluorescence in *Euchaeta* might be derived from the guts of freshly ingested prey.

The quantitative relationship between gut pigment content and ingestion rate was elucidated by Kiorboe *et al.* (1982) and Dagg and Wyman (1983). When copepods were subjected to starvation after capture in the field or after feeding in the laboratory, a constant fraction of gut pigment content was defecated per unit time (Mackas and Bohrer, 1976; Dagg and Wyman, 1983). Accordingly, the time course of phytoplankton pigment evacuation from the guts of copepods can be described by the exponential relation:

$$G_t = G_0 e^{-kt}$$

where G_t is gut pigment content at time t, G_0 is initial gut pigment content, and k is gut evacuation rate.

Analysis of literature data suggests that variability in gut evacuation rate is high, but the majority of the values are within the same order of magnitude (Morales *et al.*, 1990). In general, gut evacuation rate increases with temperature (Kiorboe *et al.*, 1982; Dagg and Wyman, 1983; Dam and Peterson, 1988), but is not related to body size (Morales *et al.*, 1990). Surface water temperature in Tolo Harbour, Hong Kong was about 20℃ during July,

For the purpose of generalization, gut evacuation rate obtained for *Acartia erythraea* on shipboard in Tolo Harbour during July (Wong, unpublished data) was used. A gut evacuation rate of 0.035 min^{-1} means that 3.5% of the gut contents was egested by *A. erythraea* per minute. Because the rate at which gut pigments are egested from the gut must, on the average, equal the rate at which pigments are ingested, ingestion rate, I, can be calculated from the equation:

$$I = kG$$

Clearance rates, which represent the volume swept clear of food per unit time, were calculated from:

$$F = I/C$$

where F is clearance rate and C is the maximum chlorophyll*a* concentration observed in the water column down to 100m depth. Clearance rates calculated with this method were lower than the maximum rates because copepods might feed in layers of the water column which have lower food concentrations.

Clearance rates calculated for calanoid copepods varied widely. In general, copepods with large body size had high clearance rates. Clearance rates >80 $ml \cdot copepod^{-1} \cdot h^{-1}$ were observed in *N. gracilis*, *N. tenuicornis*, *E. elongatus* and *R. nasutus* and *P. abdominalis*. Taking differences in temperature. food concentration, food size and other environmental conditions into account, our clearance estimates are in good agreement with those reported in the literature for related or similar sized species. Dagg and Wyman (1983) reported clearance rates ranging from 1.4～55.6 $ml \cdot copepod^{-1} \cdot h^{-1}$ for *N. plumchrus* CV in the Bering Sea. Clearance rates for *Neocalanus* species obtained in this study ranged from 5.22～125.78 $ml \cdot copepod^{-1} \cdot h^{-1}$. Feeding behavior of *Centropages* has been studied by a number of investigators. Maximum clearance rates ranged from 1.8 $ml \cdot copepod^{-1} \cdot h^{-1}$ for *C. hamatus* (Kiorboe *et al.*, 1982) to 4.0 $ml \cdot copepod^{-1} \cdot h^{-1}$ for *C. brachiatus* (Boyd *et al.*, 1980). Estimates obtained for *C. furcatus* in this study ranged from 1.20～17.05 $ml \cdot copepod^{-1} \cdot h^{-1}$. Harris and Paffenhofer (1976) reported a maximum clearance rate of 10.2 $ml \cdot copepod^{-1} \cdot h^{-1}$ for *Temora longicornis*. Values obtained for *T. discaudata* ranged from 2.31～18.32 $ml \cdot copepod^{-1} \cdot h^{-1}$ in this study.

CONCLUSION

We reported in this paper the ingestion and clearance rates of calanoid copepods in waters around Nansha Islands of the South China Sea. Future studies will have to include copepod abundance and copepod grazing rate at different depth and time of day in order to estimate the community grazing impact on the marine phytoplankton.

Feeding by herbivorous marine calanoid copepods is one of the most important trophyodynamic processes of marine ecosystem. Many techniques have been used to estimate natural

grazing rates of calanoid copepods on phytoplankton community. The gut fluorescence method considers the amount of chlorophyll and its derivatives in the guts of freshly collected copepods to be indicative of feeding activity of the grazer. The method is attractive because natural grazing activity of different species or sizes of herbivorous copepods from different depths and times of day can be rapidly evaluated.

A number of investigators have analysed the methodological problems associated with the gut fluorescence method. A major complication of the method which has been recognized recently is that some chlorophyll*a* is digested and degraded to non-fluorescing molecules during passage of algae through copepod guts (Conover *et al.*, 1986; Wang and Conover, 1986; Lopez *et al.*, 1988). However, the degree of pigment destruction remains to be analysed in further detail. Algal ingestion rates at the time of capture are calculated from estimates of gut evacuation rate, assuming that ingestion and egestion are in equilibrium. Dagg and Wyman (1983) pointed out that this assumption is only valid when ingestion and egestion are considered over fairly long time intervals. Over short periods ingestion and egestion rates may not always be in equilibrium. Copepods may feed and defecate intermittently. Gut evacuation rates are frequently derived from copepods subjected to starvatiion after capture in the field or experimental feeding in the laboratory. Several investigators have discussed the methodological problems associated with the estimation of gut evacuation rate (Dagg and Wyman, 1983; Kiorboe *et al.*, 1985; Morales *et al.*, 1990). It is difficult to assume that the defecation rate of copepods will not be reduced by the cessation of feeding. Peterson *et al.* (1990b) found that the gut fluorescence method underestimated copepod ingestion rates, and the problem was due to an underestimate of gut evacuation rate determined by monitoring the decline of gut pigment content in stared animals. On the other hand, Ellis and Small (1989) found no differences in gut evacuation rates among feeding and non-feeding copepods. Despite these various problems, the gut fluorescence method is still considered by many plankton biologists as the simplest method of determining the natural ingestion rates of marine copepods. What is important is that feeding rates determined from the gut fluorescence method are, on the average, comparable to feeding rates measured with other techniques (Kiorboe *et al.*, 1985; Peterson *et al.*, 1990b).

REFERENCES

Anraku, M. and M. Omori, 1963. Preliminary survey of the relationship between the feeding habit and the structure of the mouthparts of marine copepods. Limnol. Oceanogr. 8:116～126.

Batchelder, H. P., 1986. Phytoplankton balance in the oceanic subarctic Pacific: grazing impact of *Metridia pacifica*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 34:213～225.

Boyd, C. M., S. L. Smith and T. J. Cowles, 1980. Grazing patterns of copepods in the upwelling system off Peru. Limnol. Oceanogr. 25:582～596.

Convoer, R. J., 1966. Feeding of large particles by *Calanus hyperboreus*x (Kroyer). In H. Barnes (ed.) Some contemporary studies in marine science, Allen and Unwin, London, pp. 187～194.

Conover, R. J., R. Durvasula, S. Roy and Wang, R., 1986. Probable loss of chlorophyll-derived pigments during passage through the gut of zooplankton, and some of the consequences. Limnol. Oceanogr, 31:878

~887.

Cowles, T. J., 1979. The feeding response of copepods from Peru upwelling system: Food size selection. J. Mar. Res. 37:601~622.

Dagg, M. J. and D. W. Grill, 1980. Natural feeding rates of *Centropages typicus* females in the New York bight. Limnol. Oceanogr, 25:597~609.

Dagg, M. J. and K. D. Wyman, 1983. Natural ingestion rates of the copepods *Neocalanus plumchrus* and *N. cristatus* calculated from gut contents. Mar. Ecol. Prog. Ser. 13:37~46.

Dagg, M. J. and Walser, W. D., 1987. Ingestion, gut passage, and egestion by the cpepod *Neocalanus plumchrus* in the laboratory and in the subarctic Pacific Ocean, Limnol. Oceanogr. 32:178~188.

Dam, H. G. and Peterson, W. T., 1988. The effect of temerature on the gut clearance rate constant of planktonic copepods. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 123:1~14.

Donaghay, P. L. and L. F. Small, 1979. Food selection capabilities of the estuarine copepod *Acartia clausi*. Mar. Biol. 52:137~146.

Ellis, S. G. and L. F. Small, 1989. Comparison of gut-evacuation rates of feeding and non-feeding *Calanus marshallae*. Mar. Biol. 103:175~181.

Frost, B. W., 1972. Effects of size and concentratiion of food particles on the feeding behaviour of the marine planktonic copepod *Calanus pacificus*. Limnol. Oceanogr. 17:805~815.

Harris, R. P. and G. A. Paffenhofer, 1976. The effect of food concentration on cumulative ingestion and growth efficiency of two small marine planktonic copepods. J. Mar. Biol. Assoc. U. K. 56:875~888.

Kiorboe, T., F. Mohlenberg and H. Nicolajsen, 1982. Ingestion rate and gut clearance in the planktonic copepod *Centropages hamatus* (Lilljeborg) in relation to food concentration and temperature. Ophelia 21:181~194.

Kiorboe, T., F. Mohlenberg and H. U. Riisgard, 1985. *In situ* feeding rates of planktonic copepods: a comparison of four methods. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 88:67~81.

Longhurst, A. R., A. Bedo, W. G. Harrison, E. J. H. Head, E. P. Horne, B. Irwin and C. Morales, 1989. NFLUX: a test of vertical nitrogen flux by diel migration biota. Deep-Sea Res. 36:1705~1719.

Lopez, M. D. G., M. E. Huntley and P. F. Sykes, 1988. Pigment destruction by *Calanus pacificus*: impact on the estimation of water column fluxes. J. Plankton Res. 10:715~734.

Mackas, D. L. and R. Bohrer, 1976. Fluorescence analysis of zooplankton gut contents and investigation of diel feeding patterns. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 25:77~85.

Miller, C. B., B. W. Frost, H. P. Betchelder, M. J. Clemons and R. E. Conway, 1984. Life histories of large, grazing copepods in a subarctic ocean gyre: *Neocalanus plumchrus*, *Neocalanus cristatus*, and *Eucalanus bungii* in the northeast Pacific. Progr. Oceanogr. 13:201~243.

Morales, C. E., A. Bedo, R. P. Harris, and P. R. G Tranter, 1991. Grazing of copepod assemblages in the north-east Atlantic: the importance of the small size fraction. J. Plankton Res. 13:455~472.

Mullin, M. M., 1963. Some factors affecting the feeding of marine copepods of the genus *Calanus*. Limnol. Oceanogr. 8:239~250.

Mullin, M. M., 1966. Selective feeding by calanoid copepods from the Indian Ocean. In H. Barnes (ed.) Some Contemporary Studies in Marine Science, Allen and Unwin, London, pp. 545~554.

Nemoto, T., 1968. Chlorophyll pigments in the stomach of euphausiids. J. Oceanogr. Soc. Japan 24:253~260.

Parson, T. R. and C. M. Lalli. 1988. Comparative oceanic ecology of the planktonic communities of the Subarctic Atlantic and Pacific oceans. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev. 26:317~359.

Pasternak, A. F. and A. V. Drits, 1988. Possible degradation of chlorophyll-derived pigments during gut pas-

sage of herbivorous copepods. Mar. Ecol. Prog. Ser. 49:187~190.

Peterson, W. T., S. J. Painting and L. Hutchings, 1990a. Diel variations in gut pigment content, diel vertical migration and estimates of grazing impact for copepods in the southern Benguela upwelling in October 1987. J. Plankton Res. 12:259~281.

Peterson, W. T., S. Painting and R. Barlow, 1990b. Feeding rates of *Calanus carinatus*: a comparison of five methods including evaluation of the gut fluorescence method. Mar. Ecol. Prog. Ser. 63:85~92.

Poulet, S. A. and P. Marsot, 1978. Chemosensory grazing by marine calanoid copepods (Arthropoda: Crustaceana). Science 200:1403~1405.

Richman, S., D. R. Heinle and R. Huff, 1977. Grazing by adult estuarine calanoid copepods of the Chesapeake Bay. Mar. Biol. 42:69~84.

Runge, J. A., 1980. Effects of hunger and season on the feeding behavior of *Calanus pacificus*. Limnol. Oceanogr. 25:134~145.

Simard, Y., G. Lacroix and L. Legendre, 1985. In situ twilight grazing rhythm during diel vertical migrations of a scattering layer of *Calanus finmarchicus*. Limnol. Oceanogr. 30:598~606.

Sullivan, B. K., C. B. Miller, W. T. Peterson and A. H. Soeldner, 1975. A scanning electron microscopic study of the mandible of boreal copepods. Mar. Biol. 30:175~182.

Wang, R. and R. J. Convoer, 1986. Dynamics of gut pigment in the copepod *Temora longicornis* and the determination of *in situ* grazing rates. Limnol. Oceanogr. 31:867~877.

Williams, R., 1988. Spatial heterogeneity and niche differentiation in oceanic zooplankton. Hydrobiologia 167/168:151~159.

Wong, C. K., Q. C. Chen and L. M. Huang, 1990. Fluorescence analysis of the gut contents of calanoid copepods in the Zhujiang River Estuary. Mar. Sci. 2:291~298.

中科院植物所图书馆
S0015479
2002.5.
赠
8.00

27397 58.181
144
南沙群岛及其邻近海区海洋
生物多样性研究 1994年

借者单位	借者姓名	借出日期	还书日期

58.181
144

27397

封面设计：郭子芳

中国科学院
南沙综合科学考察队
THE MULTIDISCIPLINARY OCEANOGRAPHIC EXPEDITION TEAM OF ACADEMIA SINICA TO NANSHA ISLANDS

统一书号：ISBN 7-5027-1967-9／Q・77
定价：8.00 元